



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL  
SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM  
RANGKA BRESING EKSENTRIK**

LINDA KARTINI PUTRI  
NRP. 03111645000015

Dosen Pembimbing  
DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D  
NIP. 198004302005011002

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL  
SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM  
RANGKA BRESING EKSENTRIK**

LINDA KARTINI PUTRI  
NRP. 03111645000015

Dosen Pembimbing  
DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D  
NIP. 198004302005011002

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



FINAL PROJECT – RC14-1501

**PLANNING MODIFICATION OF ECONOMY FACULTY  
JENDERAL SOEDIRMAN BUILDING AT UNIVERSITY  
(UNSOED) STRUCTURE BY USING STEEL WITH  
ECCENTRICALLY BRACED FRAME**

LINDA KARTINI PUTRI  
NRP. 03111645000015

Supervisor  
DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D  
NIP. 198004302005011002

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Enviromental and Geo-Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

# LEMBAR PENGESAHAN

## MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

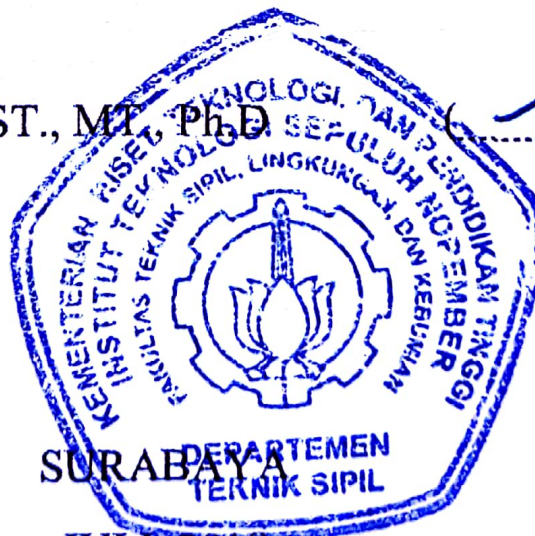
Oleh :

**LINDA KARTINI PUTRI**

NRP. 03111645000015

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. DATA IRANATA, ST., MT, PhD



JULI, 2018



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL GRAND DAFAM KAYOON SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING  
EKSENTRIK**

**Nama Mahasiswa** : Fariz Widya Harwanto  
**NRP** : 3115105012  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP – ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Prof. Dr. Ir Triwulan, DEA  
**Dosen Pembimbing II** : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

**ABSTRAK**

*Sebagai salah satu negara dengan daerah rawan gempa, kebutuhan akan bangunan tahan gempa yang mampu memberikan kenyamanan dan keselamatan jiwa di Indonesia tidak dapat dihindari. Salah satu alternatif bangunan tahan gempa yang sangat baik adalah bangunan baja. Bangunan baja memiliki sifat daktilitas yang dapat dimanfaatkan oleh struktur pada saat memikul beban akibat gempa. Salah satu sistem yang dapat digunakan adalah Sistem Rangka Bresing Eksentrik dimana sistem rangka baja ini menggunakan bresing sebagai pengaku dan Link Beam untuk mendispasi beban lateral (gempa) melalui mekanisme plastifikasi. Kelebihan dari Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) adalah daktilitas struktur dan kekakuan elastik yang baik serta mekanisme plastifikasi pada Link Beam dalam menyerap energi ketika struktur menerima beban lateral (gempa). Link Beam sendiri adalah elemen yang berada di bagian ujung pengaku yang berfungsi menggabungkan antar bagian balok, pengaku dan kolom.*

*Pada perhitungan struktur gedung dengan SRBE ini mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1729-2012, Tata Cara*

*Perencanaan Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015, dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1983. Dalam menganalisa strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamis menggunakan program bantu SAP 2000.*

*Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu tebal pelat bondeks 12 cm, dimensi balok induk WF 500x200x10x16, balok link WF500x300x11x18, dimensi bresing WF 200x200x8x12, dimensi kolom lantai dasar - 3 komposit CFT 700x700x25, lantai 4-11 komposit CFT 600x600x25, lantai 12-Atap komposit CFT 500x500x25 dan panjang elemen link direncanakan 100 cm. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang bore pile 40 cm dengan kedalaman 28 m. Sloof ukuran 50 cm x 60 cm dengan tulangan utama 8D22 dan tulangan geser Ø12-200.*

*Kata kunci : Daktilitas, Sistem Rangka Bresing Eksentris, Link Beam, plastifikasi*

# **STRUCTURE MODIFICATION OF HOTEL GRAND DAFAM KAYOON SURABAYA WITH ECCENTRICALLY BRACED FRAME**

<b>Name</b>	<b>: Fariz Widya Harwanto</b>
<b>NRP</b>	<b>: 3115105012</b>
<b>Major</b>	<b>: Civil Engineering – ITS</b>
<b>Supervisor I</b>	<b>: Prof. Dr. Ir Triwulan, DEA</b>
<b>Supervisor II</b>	<b>: Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D</b>

## **ABSTRACT**

*As one of the countries with high frequency of earthquake, the need for earthquake resistant buildings that can provide comfort and safety in Indonesia can not be avoided. Steel buildings is one of good alternatives of earthquake-resistant buildings compared to concrete buildings. Steel have ductility character which can be used to carrying the load due to the earthquake. One of the systems that can be used is Eccentrically Braced Frame System which use bracing as stiffener and link element that can dissipate the lateral loads (earthquake) through plasticity mechanism. The advantages of this system is a good ductility structure and elastic stiffness also the plasticity mechanism on Link Beam in absorbing energy when the structure receives lateral loads (earthquakes). Link Beam itself is a part in bar structure that serves to combine between the beam, stiffener and column.*

*This EBF building construction calculation depends on the Earthquake Resistance Planning Standard for Building Construction SNI 03-1726-2012, the Steel Structure Planning for Building Construction SNI 03-1729-2015, and the Indonesian Imposition Regulation for Building PPIUG 1983. SAP 2000 has been selected to calculate the effect of dynamic earthquake load, specifically used in analysing the structure.*

*From the analysis and calculation result, it obtained the thickness of bondex plat was 12 cm, the bar dimension WF 500x200x10x16, the link bar WF 500x300xx11x18, the braced dimension WF 200x200x8x12, ground to third floors column dimension were CFT 700x700x25, fourth to eleventh floors were CFT 600x600x25, twelfth to rooftop were CFT 500x500x25, and the length of link element was planned 100 cm. The design of foundation used 40 cm bore pile with 28 m of depth. It also used 50 cm x 60 cm sloof with 8D22 as the main reinforcement and Ø12-200 as the shear reinforcement.*

*Keyword : Ductility, Eccentrically Braced Frame System, Link Beam, Plastification*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT ata segala karunia, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul *“Perencanaan Modifikasi Struktur Gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik”*.

Dalam Proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua yang telah memberi dukungan, baik secara moril dan materiil yang tak terhingga sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA dan Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Semua pihak terkait yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa masih anyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi sempurnanya penyusunan tulisan ini. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan semua pihak

Surabaya, Juli 2017

Penulis

*“ halaman ini sengaja dikosongkan “*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	3
1.3    Maksud dan Tujuan .....	3
1.4    Batasan Masalah .....	4
1.5    Manfaat .....	4
BAB II TINJAUAN PUTAKA .....	5
2.1    Pengertian Konsep Bangunan Tahan Gempa .....	5
2.2    Perilaku Material Bangunan Tahan Gempa.....	7
2.2.1    Sifat Material Baja.....	7
2.3    Daktilitas dan Disipasi Energi Bangunan Tahan Gempa.....	9
2.3.1    Daktilitas Struktur Bangunan .....	9
2.3.2    Disipasi Energi Struktur Bangunan .....	10
2.4    Perkembangan Sistem Penahan Beban Lateral	11
2.4.1    Sistem Pengaku Bresing .....	11
2.4.2    Ecentrically Braced Frame (EBF) .....	12



2.4.3	Konsep Perencanaan Elemen Link (EBF) .....	14
2.5	Pondasi.....	21
2.6	Kolom <i>Concrete-Filled Steel Tube</i> (CFT).....	25
BAB III METODOLOGI .....		29
3.1	Diagram Alir Penyelesaian Modifikasi Desain Bangunan .....	29
3.2	Metodologi pengerjaan Modifikasi Desain Bangunan .....	30
3.2.1	Pengumpulan Data.....	31
3.2.2	Studi Literatur .....	32
3.2.3	Preliminary Design .....	32
3.2.4	Analisa Pembebanan.....	33
3.2.5	Konsep Perencanaan Struktur Baja .....	33
3.2.6	Permodelan dan Analisa Struktur .....	34
3.2.7	Kontrol Desain Struktur Baja .....	34
3.2.8	Perencanaan Struktur Bawah.....	54
3.2.9	Penggambaran Teknik .....	61
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER .....		63
4.1	Umum .....	63
4.2	Perencanaan Pelat .....	63
4.2.1	Perencanaan Pelat Atap .....	65
4.2.2	Perencanaan Pelat Parkir .....	67
4.2.3	Perencanaan Pelat Ballrom .....	69
4.2.4	Perencanaan Pelat Lantai Hunian .....	71

4.3	Perencanaan Atap Rangka Baja.....	76
4.3.1	Perencanaan Dimensi Gording .....	78
4.3.2	Perencanaan Dimensi Penggantung Gording ....	91
4.3.3	Perencanaan Ikatan Angin .....	96
4.4	Perencanaan Balok Anak.....	104
4.4.1	Perencanaan Balok Anak Atap .....	104
4.4.2	Perencanaan Balok Anak Parkir .....	110
4.4.3	Perencanaan Balok Anak Balroom .....	117
4.4.4	Perencanaan Balok Anak Lantai Hunian .....	123
4.4.5	Perencanaan Balok Anak Kantor.....	130
4.5	Perencanaan Balok <i>Lift</i> .....	138
4.6	Perencanaan Tangga .....	151
4.6.1	Perencanaan Dimensi Tangga.....	151
4.6.2	Perencanaan Anak Tangga .....	154
4.6.3	Perencanaan Bordes.....	163
4.6.4	Perencanaan Balok Utama Tangga.....	175
4.6.5	Perencanaan Balok Penumpu .....	188
4.7	Perencanaan Ramp.....	200
4.7.1	Perencanaan Pelat Ramp.....	200
4.7.2	Perencanaan Balok Pengaku Ramp .....	205
4.7.3	Perencanaan Balok Utama Ramp .....	212
BAB V PERMODELAN STRUKTUR .....		221
5.1	Penjelasan Umum .....	221
5.2	Permodelan Struktur .....	222

5.2.1	Data Material .....	222
5.2.2	Data Elemen Struktur .....	223
5.2.3	Besaran Massa .....	225
5.2.4	Permodelan Struktur 3 Dimensi.....	226
5.3	Pembebanan Struktur Utama .....	227
5.4	Pembebanan Gempa Dinamis.....	229
5.4.1	Penentuan Klasifikasi Situs .....	229
5.4.2	Parameter Respon Spektrum Rencana.....	231
5.4.3	Arah Pembebanan.....	232
5.4.4	Faktor Reduksi Gempa (R).....	234
5.4.5	Faktor Keutamaan(I).....	234
5.4.6	Kombinasi Pembebanan .....	235
5.5	Kontrol Permodelan Struktur.....	236
5.6	Kontrol Desain.....	240
5.6.1	Kontrol Partisipasi Massa .....	241
5.6.2	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	242
5.6.3	Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum .....	243
5.6.4	Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (Drift) .....	245
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER .....		249
6.1	Perencanaan Elemen Struktur Primer .....	249
6.1.1	Balok Induk .....	249
6.1.2	Kolom .....	263
6.1.3	Balok Link .....	292
6.1.4	Balok Luar Link.....	308

6.1.5	Bresing.....	319
6.1.6	Kuda-Kuda.....	335
6.2	Perencanaan Sambungan .....	346
6.2.1	Sambungan Balok Anak – Balok Induk .....	346
6.2.2	Sambungan Balok Utama Tangga – Balok Penumpu Tangga .....	350
6.2.3	Sambungan Balok Penumpu Tangga – Kolom	354
6.2.4	Sambungan Balok Penumpu Ramp – Balok Utama Ramp .....	358
6.2.5	Sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom .....	361
6.2.6	Sambungan Kolom – Kolom .....	367
6.2.7	Sambungan Kolom – Kolom Beda Dimensi ...	369
6.2.8	Sambungan Kuda – Kuda .....	375
6.2.9	Sambungan Balok Induk – Kolom .....	390
6.2.10	Sambungan Bresing .....	401
6.2.11	Sambungan Kolom – Base Plate.....	404
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH .....		415
7.1	Umum .....	415
7.2	Data Tanah.....	415
7.3	Daya Dukung Tanah .....	416
7.3.1	Daya Dukung Tanah Tiang Bor Tunggal .....	416
7.3.2	Daya Dukung Tanah Tiang Bore Kelompok ...	417
7.4	Perhitungan Pondasi Bore Pile .....	418
7.4.1	Daya Dukung Tiang Bor Kelompok.....	418

7.4.2	Perencanaan Pondasi Poer .....	420
7.4.3	Perencanaan Pondasi Tiang Bor (Bore Pile) ...	430
7.5	Perencanaan Kolom Pedestal.....	435
7.6	Perencanaan Sloof Pondasi.....	437
BAB VIII KESIMPULAN .....		441
DAFTAR PUSTAKA.....		445

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tingkat Kinerja Struktur Bangunan FEMA 356 .....	6
Gambar 2. 2 Perbedaan perilaku tiga model sistem rangka baja. ....	12
Gambar 2. 3 Konfigurasi link pada beberapa sistem portal .....	13
Gambar 2. 4 Gaya yang bekerja pada <i>link beam</i> dan balok .....	14
Gambar 2. 5 Gaya yang bekerja pada link .....	16
Gambar 2. 6 Sudut Rotasi <i>Link Beam</i> .....	18
Gambar 2. 7 Detailing Pada <i>Link Beam</i> .....	19
Gambar 2. 8 Jenis Pondasi Dangkal.....	23
Gambar 2. 9 Jenis Pondasi Dalam.....	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi .....	30
Gambar 4.1 Perencanaan Perletakan Lantai Komposit .....	64
Gambar 4.2 Tabel Perencanaan Praktis Bentang Bondex.....	64
Gambar 4.3 Pelat Lantai Atap .....	65
Gambar 4.4 Penulangan Pelat Atap.....	66
Gambar 4.5 Pelat Lantai Parkir .....	67
Gambar 4.6 Penulangan Pelat Parkir.....	68
Gambar 4.7 Pelat Lantai Balroom.....	69
Gambar 4.8 Penulangan Pelat Balroom.....	70
Gambar 4.9 Pelat Lantai Hunian .....	71
Gambar 4.10 Penulangan Pelat Lantai Hunian.....	72
Gambar 4.11 Pelat Lantai Kantor.....	73
Gambar 4.12 Penulangan Lantai Kantor .....	74
Gambar 4.13 Posisi Atap Baja Pada Grand Dafam .....	76
Gambar 4.14 Potongan A - A.....	77
Gambar 4.15 Denah Rangka Atap Baja .....	78
Gambar 4.16 Koefisien Angin Gedung tertutup ( $\alpha < 65^\circ$ ) pada Tabel 4.1 PPIUG 1983 .....	80
Gambar 4.17 Panjang Antar Shear Connector pada Atap Seng Gelombang .....	86
Gambar 4.18 Penggantung Gording.....	91
Gambar 4.19 Detail A .....	92
Gambar 4.20 Arah Gaya Tarik Pada Penggantung Gording .....	93

Gambar 4.21 Jarak Antara Ikatan Angin.....	96
Gambar 4.22 Letak Beban pada Ikatan Angin .....	99
Gambar 4.23 Denah Balok Anak Lantai Atap.....	104
Gambar 4.24 Denah Balok Anak Parkir.....	111
Gambar 4.25 Denah Balok Anak Lantai Balroom .....	117
Gambar 4.26 Denah Balok Anak Lantai Hunian.....	124
Gambar 4.27 Denah Balok Anak Lantai Kantor .....	130
Gambar 4.28 Denah Lift.....	138
Gambar 4.29 Potongan Melintang Lift.....	139
Gambar 4.30 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift.....	141
Gambar 4.31 Pembagian Momen pada Beban Merata .....	146
Gambar 4.32 Pembagian Momen pada Beban Terpusat .....	146
Gambar 4.33 Posisi Perletakan Senid – Rol pada Tangga .....	152
Gambar 4.34 Perencanaan Denah Tangga.....	153
Gambar 4.35 Tampak Potongan Melintang Tangga.....	153
Gambar 4.36 Rencana Anak Tangga.....	154
Gambar 4.37 Perletakan pada Anak Tangga Pelat .....	154
Gambar 4.38 Denah rencana bordes tangga .....	163
Gambar 4.39 Perletakan pada Pelat Bordes .....	164
Gambar 4.40 Pembebanan pada balok bordes.....	167
Gambar 4.41 Pembagian Momen pada Balok Bordes.....	172
Gambar 4.42 Perencanaan Pembebanan Balok Utama Tangga	176
Gambar 4.43 Denah Perencanaan Balok Utama Tangga .....	177
Gambar 4.44 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga .....	178
Gambar 4.45 Sketsa Pembebanan dengan Tambahan Beban Terpusat pada Balok Utama Tangga .....	179
Gambar 4.46 Bidang M Balok Tangga Utama.....	179
Gambar 4.47 Bidang D Balok Tangga Utama.....	180
Gambar 4.48 Bidang N Balok Tangga Utama.....	180
Gambar 4.49 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga ...	187
Gambar 4.50 Sketsa Pembebanan pada Balok Penumpu Tangga .....	189
Gambar 4.51 Pembagian Momen pada Beban Merata.....	194
Gambar 4.52 Pembagian Momen pada Beban Terpusat .....	194

Gambar 4.53 Hasil Lendutan Balok Bordes dengan Program Bantu SAP 2000 .....	198
Gambar 4.54 Denah Ramp pada Lantai Ground – Lantai MZ 1200	
Gambar 4.55 Perencanaan Perletakan Pelat Ramp.....	201
Gambar 4.56 Tabel Perencanaan Praktis Bentang Bondex.....	201
Gambar 4.57 Tampak Potongan dari Rencana Ramp .....	202
Gambar 4.58 Denah Rencana Pelat Ramp .....	203
Gambar 4.59 Penulangan Pelat Ramp .....	204
Gambar 4.60 Pembebanan Balok Pengaku Ramp .....	205
Gambar 4.61 Pembebanan pada balok utama ramp .....	212
Gambar 4.62 Pembagian Momen pada Balok Bordes.....	217
Gambar 5.1 Denah Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya .....	221
Gambar 5.2 Input Data Material pada SAP2000v14.....	222
Gambar 5.3 Input jenis elemen struktur pada SAP2000v14 .....	223
Gambar 5.4 Input dimensi dlemen dan material pada SAP2000v14.....	223
Gambar 5.5 Option section designer untuk profil buatan pada SAP2000v14.....	224
Gambar 5.6 Input dimensi kolom CFT pada SAP2000v14.....	224
Gambar 5.7 Input mass source pada SAP2000v14 .....	225
Gambar 5.8 Permodelan 3 dimensi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya .....	226
Gambar 5.9 Koefisien angin gedung tertutup pada Tabel 4.1 PPIUG 1983 .....	228
Gambar 5.10 Grafik Spektral Percepatan Gempa wilayah Surabaya .....	232
Gambar 5.11 Grafik Respon Spektrum Situs E Surabaya .....	233
Gambar 5.12 Pembebanan gempa dinamis arah X.....	233
Gambar 5.13 Pembebanan gempa dinamis arah Y.....	234
Gambar 5.14 Kombinasi pembebanan .....	236
Gambar 5.15 Area pembebanan pada kolom yang ditinjau.....	236
Gambar 5.16 Detail area pembebanan pada kolom yang ditinjau .....	237



Gambar 5.17 Hasil output berat bangunan pada joint yang ditinjau .....	240
Gambar 5.18 Simpangan yang Terjadi pada Struktur .....	246
Gambar 6.1 Hasil Output Momen Maksimum pada SAP 2000v14 .....	250
Gambar 6.2 Hasil Output Geser Maksimum pada SAP 2000v14 .....	250
Gambar 6.3 Hasil Output Lendutan Maksimum pada SAP 2000v14 .....	251
Gambar 6.4 Hasil Output Momen dan Geser Maksimum pada SAP 2000v14 .....	257
Gambar 6.5 Hasil Output Geser Maksimum pada SAP 2000v14 .....	258
Gambar 6. 6 Hasil Output lendutan maksimum pada SAP 2000v14 .....	258
Gambar 6.7 Penampang Kolom Komposit CFT HSS 700 x 700 x 25 x 25 .....	264
Gambar 6.8 Denah Link untuk Arah Memanjang .....	292
Gambar 6.9 Detail tampak Balok Link arah memanjang .....	293
Gambar 6. 10 Hasil output gaya dalam pada Link Arah Memanjang .....	294
Gambar 6.11 Denah Link untuk Arah Melintang .....	299
Gambar 6.12 Detail tampak balok link arah melintang .....	300
Gambar 6.13 Hasil output gaya dalam pada Link Arah Memanjang .....	301
Gambar 6.14 Jarak pengaku link pada arah memanjang .....	306
Gambar 6.15 Jarak pengaku link pada arah melintang .....	307
Gambar 6.16 Denah balok luar link arah memanjang .....	309
Gambar 6.17 Denah balok luar link arah melintang .....	314
Gambar 6. 18 Denah Bresing arah memanjang .....	319
Gambar 6.19 Hasil Output Momen Maksimum pada Bracing Arah Memanjang .....	322
Gambar 6.20 Denah Bresing arah melintang .....	328

Gambar 6.21 Hasil Output momen maksimum pada bracing arah melintang.....	330
Gambar 6.22 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....	346
Gambar 6.23 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	352
Gambar 6.24 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	356
Gambar 6.25 Sambungan Balok Penumpu Ramp dengan Balok Utama Ramp.....	358
Gambar 6.26 Sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom.....	362
Gambar 6.27 Sambungan Kolom dengan Kolom.....	367
Gambar 6.28 Potongan 3 Sambungan Kolom – Kolom.....	367
Gambar 6.29 Sambungan kolom dengan kolom beda dimensi .....	369
Gambar 6.30 Sambungan Kuda – Kuda yang akan ditinjau perhitungannya .....	375
Gambar 6.31 Rencana Sambungan Baut antar Kuda – Kuda...	378
Gambar 6.32 Rencana Sambungan Las antar Kuda – Kuda.....	381
Gambar 6.33 Rencana Sambungan Baut antar Kuda – Kuda...	385
Gambar 6.34 Rencana Sambungan Las antar Kuda – Kuda.....	388
Gambar 6.35 Sambungan Balok dengan Kolom .....	390
Gambar 6.36 Letak Sambungan Las pada Sambungan Balok – Kolom.....	399
Gambar 6.37 Sambungan Bracing Dengan Pelat Buhul.....	404
Gambar 6.38 Sambungan Kolom dengan Base Plate .....	405
Gambar 6.39 Arah Beban pada Base Plate.....	406
Gambar 7.1 Jarak Absis dan Ordinat pada Tiang Bore Pile Kelompok .....	419
Gambar 7.2 Geser Ponds Akibat Beban Kolom.....	421
Gambar 7.3 Geser Pons Akibat beban Tiang Bor .....	424
Gambar 7.4 Analisa Poer Sebagai Balok Kantilever.....	425
Gambar 7.5 Pembebanan Pondasi Poer (Arah Sumbu X) .....	426
Gambar 7.6 Pembebanan Pondasi Poer (Arah Sumbu Y) .....	428
Gambar 7.7 Gaya Menurut Sumbu Orthogonal Tiang .....	431
Gambar 7.8 Permodelan Tiang Bor (Bore Pile) dengan Progam Bantu SAP 2000 .....	432

Gambar 7. 9 Hasil Analisa Tiang Bor (BorePile) dengan Program PCA Col .....	433
Gambar 7.10 Penulangan Bore Pile .....	435
Gambar 7. 11 Hasil Analisa Kolom Pedestal dengan Program PCA Col .....	436
Gambar 7.12 Penulangan Kolom Pedestal . <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Gambar 7. 13 Hasil Analisa Kolom Pedestal dengan Program PCA Col .....	439

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kekuatan tarik (Fnt), kekuatan geser (Fnv).....	52
Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Tebal dan Tulangan Pelat...	75
Tabel 4.2 Rekapitulasi Profil WF pada Balok Anak .....	137
Tabel 4.3 Rekapitulasi Profil Tangga.....	199
Tabel 5.1 Rangkuman data tanah kedalaman 30 m.....	229
Tabel 5.2 Rangkuman hasil Test Tanah Laboratorium .....	230
Tabel 5.3 Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs SE (Tanah Lunak) .....	231
Tabel 5.4 Perhitungan Beban Pelat .....	238
Tabel 5.5 Perhitungan Beban Dinding .....	238
Tabel 5.6 Perhitungan Beban Kolom Beton.....	239
Tabel 5.7 Perhitungan Beban Kolom Baja .....	239
Tabel 5.8 Perhitungan Beban Balok.....	239
Tabel 5.9 Rasio Partisipasi Massa Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya .....	241
Tabel 5.10 Periode dan Frekuensi Struktur .....	243
Tabel 5.11 Reaksi Dasar Struktur Bangunan .....	244
Tabel 5.12 Hasil Output Gaya Geser Akibat Beban Gempa .....	245
Tabel 5.13 Kontrol Simpangan yang terjadi Akibat Beban Gempa Arah X .....	247
Tabel 5.14 Kontrol Simpangan yang terjadi akibat Beban Gempa Arah Y .....	247
Tabel 6.1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kolom .....	291

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sebagai salah satu negara dengan banyak daerah rawan gempa, perencanaan suatu struktur bangunan tahan gempa merupakan suatu kebutuhan yang tidak dapat dihindari. Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa. Sehingga dalam merancang suatu bangunan tahan gempa harus mengutamakan keselamatan dan kenyamanan, dimana bahan dan sistem struktur merupakan suatu hal yang terpenting dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa.

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa terutama bangunan gedung, material beton bertulang sebagai bahan bangunan saat ini masih mendominasi hampir keseluruhan bangunan gedung di Indonesia. Gedung beton bertulang mempunyai berbagai kelemahan antara lain, mempunyai bobot yang berat, kuat tarik yang lemah, dapat mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, daya pantul suara yang besar, dan pelaksanaan pekerjaan membutuhkan waktu yang relatif lama (Widyastuti, 2010).

Baja adalah suatu jenis bahan bangunan yang berdasarkan pertimbangan dalam aspek ekonomis, sifat dan kekakuannya cukup baik. Baja memiliki sifat daktil (tidak getas), dimana mampu berdeformasi tanpa langsung runtuh. Ini memberikan rentang waktu yang ada ketika baja mengalami kelelahan untuk mengevakuasi para pengguna gedung untuk menyelamatkan diri bila terjadi gempa. Konstruksi baja juga memiliki berat yang relatif lebih ringan dari pada bahan lain tetapi juga memiliki kemampuan yang cukup tinggi, hampir tidak memiliki perbedaan nilai muai dan susut, dan dalam hal pelaksanaan jauh lebih cepat dibanding material lain (Suwignya, 2010).

Dari beberapa keunggulan sifat baja diatas, kita dapat merencanakan bangunan gedung tahan gempa dengan suatu sistem konstruksi rangka baja. Salah satu sistem struktur yang mampu memikul beban gempa adalah sistem bangunan baja dengan menggunakan *Eccentrically Braced Frame* (EBF). EBF merupakan suatu sistem strutkur rangka baja tahan gempa yang mempunyai kekakuan elastik yang sangat baik (*excellent elastic stiffness*) dibawah pembebanan lateral, mempunyai daktilitas yang bagus (*good ductility*) dibawah beban gempa besar, kemampuan menyerap energi dan konsisten tanpa terjadi pengurangan kekakuan sampai sejumlah putaran (*cycle*) yang cukup tinggi (Engelhardt dan Popov , 1989;1992).

Penggunaan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) dirasa sangat cocok dikarenakan pada sistem ini ada suatu bagian dari balok yang disebut Link dan direncanakan secara khusus. SRBE diharapkan dapat mengalami deformasi inelitas yang cukup besar pada Link saat memikul gaya – gaya akibat beban gempa rencana karena element Link tersebut berfungsi sebagai penyerapan energi ketika struktur menerima beban gempa. Kolom-kolom , batang bresing dan bagian dari balok di luar Link harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh Link.

Dalam Tugas Akhir ini, pembangunan Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya yang menggunakan beton bertulang akan dimodifikasi menggunakan struktur rangka baja dengan Sistem Rangka Bresing Ekstenrik. Modifikasi perencanaan ini dilakukan agar diharapkan bangunan menjadi lebih daktail, lebih cepat dalam pemasangannya, serta dapat menjadi rekomendasi untuk proyek lain yang serupa dalam memanfaatkan material baja sebagai bahan struktur gedung. Selain itu, akan direncanakan juga pondasi bore pile yang sesuai dengan besarnya beban-beban yang bekerja diatasnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka untuk perencanaan struktur gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik , permasalahan yang ditinjau antara lain :

- a. Permasalahan Utama  
Bagaimana merencanakan modifikasi struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik dan pondasinya sesuai dengan peraturan yang berlaku ?
- b. Detail Permasalahan
  1. Bagaimana menentukan *Preliminary design* penampang elemen struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya ?
  2. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi balok dan kolom ?
  3. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak dan tangga ?
  4. Bagaimana merencanakan bresing eksentrik dan link ?
  5. Bagaimana memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program bantu SAP 2000v14 ?
  6. Bagaimana merencanakan sambungan ?
  7. Bagaimana mengilustrasikan hasil dari perencanaan struktur dalam gambar teknik ?

## 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan yang diharapkan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan *Preliminary design* penampang elemen struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya.
2. Merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom.



3. Merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak dan tangga.
4. Merencanakan bresing eksentrik dan link pada struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya.
5. Memodelkan dan melakukan analisis struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan program SAP 2000v14.
6. Merencanakan sambungan pada struktur.
7. Mengilustrasikan hasil perencanaan struktur kedalam gambar teknik.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini diberikan beberapa batasan masalah untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah yang telah di uraikan, batasannya sebagai berikut :

1. Perencanaan gedung ini hanya meninjau perhitungan struktur, tidak meninjau analisa anggaran biaya , manajemen konstruksi, maupun segi arsitektural.
2. Tidak meninjau detail metode pelaksanaan.
3. Desain struktur berdasarkan pada SNI 03-1729-2015 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang bisa diharapkan dari modifikasi perencanaan ini adalah :

1. Sebagai inovasi dalam perencanaan gedung baja bertingkat yang tahan terhadap gempa menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik
2. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal – hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan gedung tahan gempa sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUTAKA**

#### **2.1 Pengertian Konsep Bangunan Tahan Gempa**

Pada dasarnya dalam merencanakan suatu struktur bangunan tahan gempa perlu diperhitungkan kemampuan bangunan dalam memikul beban - beban yang bekerja pada struktur tersebut , di antaranya adalah beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup , sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa. Dengan memperhitungkan beban-beban yang terjadi pada suatu struktur bangunan, maka suatu bangunan tahan gempa dengan kekuatan bangunan yang memadai dapat direncanakan sehingga dapat memberikan rasa nyaman bagi penghuninya.

Berdasarkan UBC 1997, tujuan dalam mendesain suatu bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga ketentuan standar yang telah diikuti oleh seluruh negara di dunia. Tiga ketentuannya ialah sebagai berikut :

1. Ketika terjadi gempa kecil, tidak terjadi kerusakan sama sekali pada bangunan.
2. Ketika terjadi gempa sedang, diperbolehkan terjadi kerusakan pada non-struktural, namun tidak diperbolehkan terjadi kerusakan struktural.
3. Ketika terjadi gempa kuat, diperbolehkan terjadi kerusakan struktural dan non-struktural, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

Untuk dapat mendesain bangunan dengan ketentuan tersebut, perencanaan bangunan tahan gempa harus juga dapat memperhitungkan dampak dari beban lateral yang bersifat siklis (bolak-balik) yang dialami oleh struktur selama terjadinya gempa bumi. Sehingga struktur pada bangunan harus memiliki daktilitas

yang memadai pada daerah *joint* atau elemen struktur tahan gempa seperti bresing, link, atau dinding geser.



Gambar 2.1 Tingkat Kinerja Struktur Bangunan FEMA 356  
Sumber FEMA 356,2000

Dengan daktilitas yang memadai maka suatu struktur diharapkan mampu mengalami simpangan dalam kondisi pasca elastik hingga terjadinya keruntuhan.

Salah satu cara dalam mendesain suatu kapasitas struktur bangunan tahan gempa adalah dengan mengetahui skenario keruntuhan dari suatu struktur tersebut dalam menahan beban maksimum yang bekerja. Dengan memperkirakan urutan kejadian dari kegagalan suatu struktur berdasarkan beban maksimum yang dialami struktur, elemen-elemen struktur di desain agar tidak sama kuat terhadap gaya yang direncanakan. Elemen-elemen struktur atau titik pada beberapa struktur di desain untuk lebih lemah dibandingkan dengan elemen-elemen yang lain dengan harapan pada elemen itulah kegagalan struktur terjadi pada saat beban gempa maksimum terjadi.

## 2.2 Perilaku Material Bangunan Tahan Gempa

Kriteria perencanaan struktur adalah memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan daktilitas. Faktor kekuatan terkait dengan besarnya tegangan yang mampu dipikul tanpa rusak, baik berupa deformasi (*yielding*) atau *fracture* (terpisah). Parameternya berupa tegangan leleh dan tegangan ultimate. Faktor kekakuan adalah besarnya gaya yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit deformasi, parameternya adalah Modulus Elastisitas (E). Faktor daktilitas terkait dengan besarnya deformasi sebelum keruntuhan (*failure*) terjadi pada bangunan.

**Tabel 2.1** Properti Mekanik Bahan Material Konstruksi

Material	Berat Jenis	Modulus Elastisitas	Kuat (MPa)	
	(kg/m <sup>3</sup> )	(MPa)	Leleh	Ultimate
Serat Karbon	1760	150.305	-	5.650
Baja A36	7850	200.000	250	400 - 500
Baja A992	7850	200.000	345	450
Alumunium	2723	68.947	180	200
Besi Cor	7000	190.000	-	200
Bambu	400	18.575	-	60*
Kayu	600	11.000	-	40*
Beton	2200	21.000 - 33.000	-	20 - 50

\*Rittironk dan Elnieri (2008)

Berdasarkan parameter kekuatan, kekakuan dan daktilitas untuk pemilihan material konstruksi dapat dengan mudah ditentukan bahwa material baja adalah yang paling unggul dibandingkan dengan material lainnya.

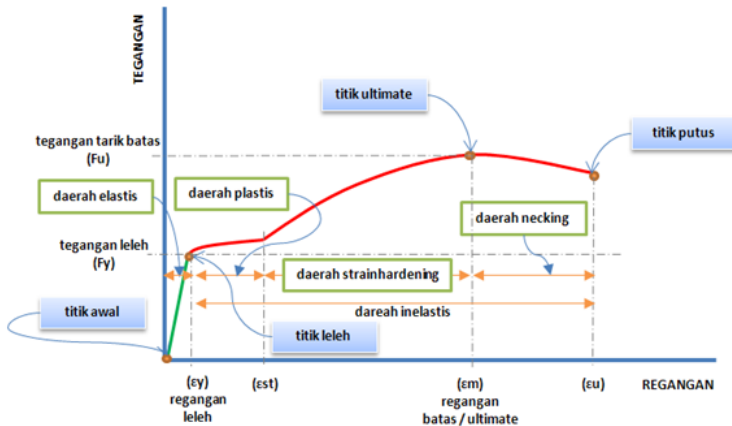
### 2.2.1 Sifat Material Baja

Baja adalah material yang paling daktail, dimana baja memiliki tegangan leleh yang tinggi dan regangan maksimumnya

besar. Karena tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\varepsilon$ ) yang tinggi maka baja memiliki modulus elastisitas bahan yang tinggi, ini dapat dibuktikan dari perumusan :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Karena sifat baja yang sangat daktil, jika material baja diberi gaya (tarik, tekan, dan lentur) yang besar hingga memasuki kondisi plastis atau kondisi leleh ( $f_y$ ) maka material baja mampu mengembangkan regangannya cukup besar dari pertama kali leleh hingga akhirnya putus ( $f_u$ ). Semakin besar regangan yang terjadi, semakin daktil material tersebut.



**Gambar 2.2** Diagram Regangan dan Tegangan pada Material Baja

## 2.3 Daktilitas dan Disipasi Energi Bangunan Tahan Gempa

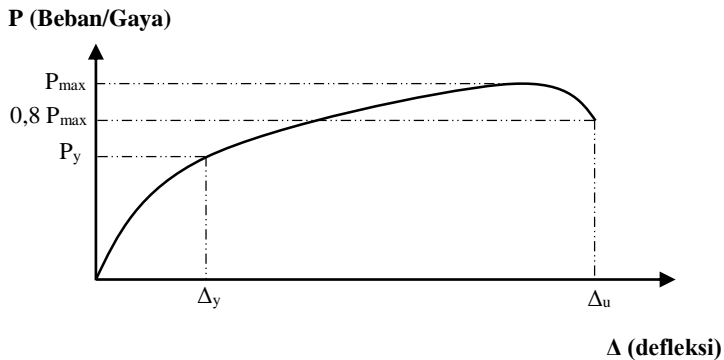
### 2.3.1 Daktilitas Struktur Bangunan

Daktilitas adalah kemampuan struktur gedung untuk mengalami deformasi *pasca elastik* yang besar secara berulang kali dan bersifat siklis (bolak-balik) akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelepasan pertama sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup tinggi, sehingga struktur masih mampu mengalami deformasi yang cukup besar sebelum struktur mengalami keruntuhan.

Daktilitas dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara defleksi saat kondisi ultimit ( $\Delta_u$ ) dan defleksi saat leleh pertama kali ( $\Delta_y$ ) seperti persamaan berikut :

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$$

Dimana perbandingan nilai defleksi yang terjadi diperoleh pada Gambar 2.3

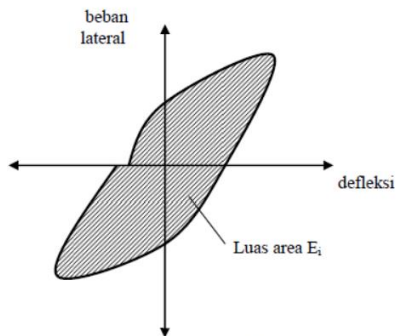


**Gambar 2.3** Grafik Perbandingan Defleksi atau Daktilitas

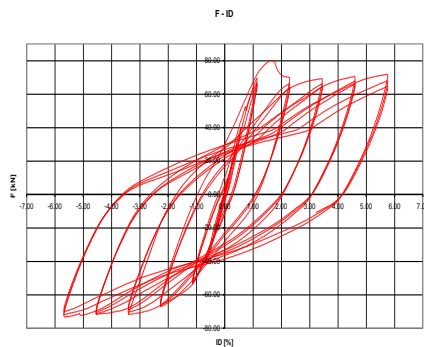
### 2.3.2 Disipasi Energi Struktur Bangunan

Kapasitas disipasi energi ( $E_d$ ) merupakan parameter yang penting untuk struktur yang direncanakan dengan beban gempa dengan periode ulang yang lama. Pada struktur yang mendapat beban lateral siklik akan mengalami siklus disipasi energi, dimana semakin stabil dan besar suatu siklus disipasi energi bangunan maka semakin baik dalam mempertahankan kekakuan struktur.

Untuk menentukan besarnya disipasi energi ( $E_d$ ) dapat mengitung dari luas area hysteresis loop seperti pada Gambar 2.4



**Gambar 2.4** Nilai Disipasi Energi ( $E_d$ ) dalam Satu Siklus



**Gambar 2.5** Contoh Hasil Sikluls Disipasi Energi

## **2.4 Perkembangan Sistem Penahan Beban Lateral**

### **2.4.1 Sistem Penguaku Bresing**

Struktur baja termasuk salah satu sistem struktur tahan gempa dengan kinerja yang bagus dikarenakan material pada struktur baja memiliki karakteristik yang unik dibanding material lainnya, yaitu karakteristik keruntuhan yang bersifat duktail dan kekutan yang tinggi. Dari hasil riset yang pernah dilakukan di dapatkan tiga sistem struktur baja tahan gempa yang umum digunakan yaitu :

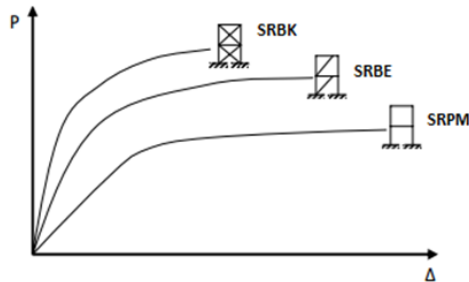
1. Sistem Rangka Pemikul Momen (MRF),
2. Sistem Rangka Bresing Konsentrik (CBF),
3. Sistem Rangka Bresing Eksentris (EBF).

Sistem Rangka Pemikul Momen (MRF) mempunyai kemampuan disipasi energi yang cukup untuk dapat memberikan daktilitas yang diperlukan , selain itu sistem ini juga mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik tetapi memerlukan simpangan antar lantai yang cukup besar agar timbul sendi plastis pada setiap balok yang nantinya berfungsi menyerap gaya lateral. Namun simpangan yang besar menyebabkan kerugian pada sistem ini, akibatnya struktur menjadi tidak kaku dan berakibat kerusakan non-struktural yang besar. Pada sisi lain Sistem Rangka Bresing Konsentrik (CBF) secara efisien dapat memenuhi batas-batas lendutan melalui aksi rangkanya tetapi tidak memberikan suatu mekanisme yang stabil dalam disipasi energi.

Sistem Rangka Bresing Eksentrik (EBF) merupakan pengembangan konsep dari dua sistem rangka yang ada sebelumnya yaitu sistem MRF dan CBF. Sistem MRF memiliki nilai daktilitas dan disipasi energi yang besar serta stabil namun mempunyai kekakuan yang lebih rendah dari pada CBF, sedangkan CBF sendiri tidak memiliki kapasitas disipasi energi sebaik sistem MRF namun memiliki kekakuan elastik yang tinggi. EBF mengkombinasikan kelebihan kedua struktur tersebut , sehingga sistem EBF memiliki elastisitas yang tinggi , respon inelastis yang baik saat terkena muatan lateral siklis , dan daktilitas serta kapisitas disipasi energi yang besar.



Pada Gambar 2.2 menjelaskan hubungan gaya lateral dengan perpindahan yang terjadi pada MRF, CBF dan EBF serta perilaku struktur yang terjadi pada saat gempa bekerja dalam bentuk kurva.

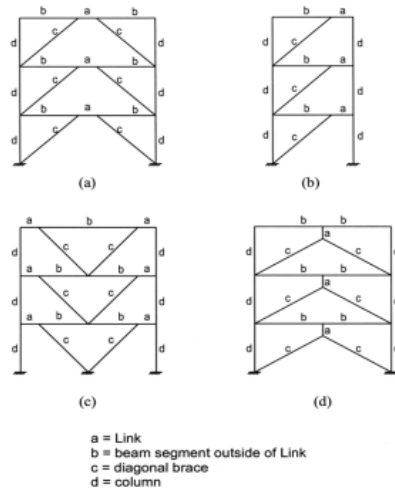


**Gambar 2.6** Perbedaan perilaku tiga model sistem rangka baja  
(Moestopo, 2006)

#### 2.4.2 Ecentrically Braced Frame (EBF)

Seperti yang telah dijelaskan bahwa sistem rangka pengaku eksentrik (EBF) merupakan pengembangan dari sistem MRF dan CBF. Konsep desain tahan gempa EBF sendiri adalah suatu sistem rangka baja yang terdiri dari balok, kolom dan pengaku dimana pada bagian ujung pengakunya terdapat suatu elemen yang menggabungkan antar bagian dari sistem rangka yang disebut *link beam*.

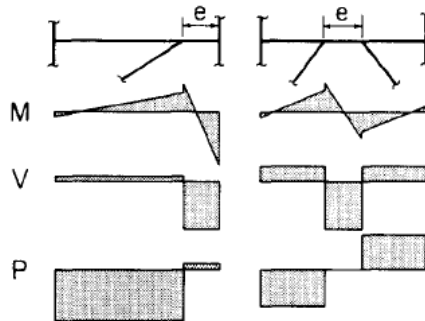
*Link beam* sendiri merupakan konsep utama dalam struktur EBF yang ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. *Link Beam* ini berfungsi untuk menyerap energi pada saat beban lateral (gempa) bekerja, elemen-elemennya didesain untuk berperilaku inelastis serta mampu untuk berdeformasi plastis yang besar saat beban lateral (gempa) terjadi. Kelelahan yang terjadi pada *link beam* dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut. (Engelhardt dan Popov, 1989;1992).



**Gambar 2.7** Konfigurasi link pada beberapa sistem portal  
(AISC, 2005)

Mekanisme leleh pada *link beam* tergantung dari panjang *link beam* yang akan digunakan. Jika panjang *link beam* lebih pendek, maka struktur portal menjadi lebih kaku mendekati kekakuan struktur CBF dan jika panjang *link beam* lebih panjang, maka kekakuan struktur mendekati struktur MRF. Sehingga dalam perencanaannya elemen struktur diluar *link beam* harus didesain untuk berperilaku elastis sedangkan pada bagian *link beam* didesain untuk dapat berdeformasi inelastis pada saat terjadi beban lateral (gempa).

Dalam mendesain *link beam* harus memperhatikan gaya yang bekerja pada struktur seperti momen (M), Geser (V) dan axial (P) pada balok dan link. Pada sistem EBF gaya yang bekerja saat terkena beban lateral (gempa) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.8** Gaya yang bekerja pada *link beam* dan balok

Pada gambar 2.4, dapat diketahui bahwa link mendapatkan gaya geser yang tinggi di semua bagian link dan momen yang besar pada ujung-ujungnya. Jika *link* terlalu pendek, pada saat terjadi penambahan beban lateral *link* akan leleh terhadap geser namun momen yang terjadi relatif kecil pada ujung-ujungnya. Apabila *link* terlalu panjang, maka akan terjadi momen plastis pada sendi-sendi di ujung link tetapi sedikit atau tanpa mengalami leleh akibat geser. Sehingga bisa disimpulkan apabila *link* yang terlalu panjang disebut *link* momen, sedangkan *link* yang terlalu pendek disebut *link* geser.

Pada struktur EBF ini, elemen struktur diluar *link beam* (balok, kolom dan bresing) di desain berdasarkan kapasitas *link beam*. Dengan membuat *link beam* lebih lemah dari elemen struktur lainnya, sehingga diharapkan kehancuran daktail hanya terjadi pada *link beam* dan elemen- elemen diluar *link beam* hanya mengalami kehancuran non daktail.

### 2.4.3 Konsep Perencanaan Elemen Link (EBF)

Untuk dapat mendesain suatu Sistem Rangka Bresing Eksentrik (EBF) hal-hal yang harus diperhatikan agar menghasilkan kekuatan struktur yang baik adalah sebagai berikut :

1. Tiga Variabel utama dalam mendesain SRBE adalah konfigurasi pengaku, panjang link dan profil link yang dipakai (Becker, 1996).
2. Link adalah elemen terlemah dalam SRBE, dan elemen struktur yang lain seperti balok, kolom dan sambungan harus lebih kuat dari link (Engelhardt, 2007).
3. Dapat dipasang stiffener dan pengaku lateral untuk menunjang daktilitas (Engelhardt, 2007).
4. Cek link agar dapat memenuhi daktilitas yang diperlukan (Engelhardt, 2007).

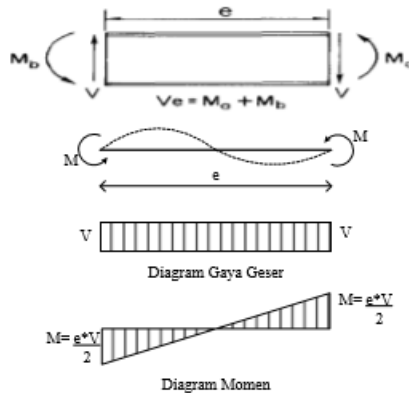
SRBE diharapkan dibangun dengan deformasi inelastis yang signifikan pada *link* saat subjek / struktur mengalami gaya yang dihasilkan oleh gaya gempa. Pengaku diagonal, kolom, dan bagian balok diluar elemen *link* harus didesain untuk memikul sisa tegangan elastis dibawah tegangan maksimum yang dihasilkan dari *link* pada saat leleh penuh dan saat mencapai tegangan tinggi (Bruneau,dkk, 1998).

### **2.3.3.1 Kuat Elemen Link Beam**

*Link beam* merupakan elemen pada sistem EBF yang didesain untuk mengalami kelelahan lebih awal pada saat beban lateral (gempa) bekerja. Elemen ini memiliki perilaku sebagai balok pendek yang mengalami gaya geser pada kedua ujungnya dengan arah yang berlawanan. Karena adanya gaya geser pada kedua ujung link, maka momen yang dihasilkan pada kedua ujungnya memiliki besar dan arah yang sama.

Selain didesain lebih lemah dan harus mengalami kelelahan lebih awal dari pada elemen stuktur yang lain, *link beam* juga di desain untuk berperan dalam menyerap energi dengan stabil. Dalam menyerap energi link beam menggunakan mekanisme sendi plastik (*fully plastic hinge mechanism*), dimana link tidak diperbolehkan mengalami tekuk elastik dan tekuk

inelastik (*partially plastic buckling*) sebelum rotasi sendi plastik yang telah diatur dalam peraturan tercapai kapasitasnya.



**Gambar 2.9** Gaya yang bekerja pada link  
 (Engelhart dan Popov, 1988 ; Becker dan Isler, 1996)

Selain didesain lebih lemah dan harus mengalami kelelahan lebih awal dari pada elemen stuktur yang lain, *link beam* juga di desain untuk berperan dalam menyerap energi dengan stabil. Dalam menyerap energi link beam menggunakan mekanisme sendi plastik (*fully plastic hinge mechanism*), dimana link tidak diperbolehkan mengalami tekuk elastik dan tekuk inelastik (*partially plastic buckling*) sebelum rotasi sendi plastik yang telah diatur dalam peraturan tercapai kapasitasnya.

Oleh karena itu dalam pemilihan penampang *link* yang akan digunakan harus memenuhi peraturan yang berlaku, serta mendesain dengan memperhatikan batasan kelangsingan pada modulus elastisitas ( $E$ ) dan mutu baja ( $f_y$ ) yang akan dipakai.

### 2.3.3.2 Panjang Elemen Link Beam

Menentukan panjang elemen *link beam* merupakan salah satu faktor yang penting dalam mendesain Sistem Rangka Bresing

Eksentrik (EBF). Panjang link ( $e$ ) berfungsi untuk menentukan mekanisme kelelahan link, kapasitas energi disipasi *link* dan kegagalan *ultimate* pada elemen *link*. Selain itu panjang link ( $e$ ) juga berfungsi mengontrol mekanisme leleh yang terjadi pada link serta menentukan perilaku inelastik elemen *link*. Persyaratan panjang *link* ( $e$ ) disesuaikan dengan klasifikasi *link* berdasarkan perbedaan panjang pada AISC, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings.

Secara umum terdapat 2 jenis *link* berdasarkan panjangnya, yaitu *link* geser (*short link*) dan *link* lentur (*long link*). Untuk *link* geser (*short link*), perilaku inelastik dicapai terlebih dahulu oleh gaya geser sebelum momen lentur mencapai kapasitas plastisnya dan *link* mengalami leleh dalam geser. Sedangkan pada *link* lentur (*long link*) bersifat sebaliknya dari *link* geser (*short link*) dimana perilaku inelastik dicapai oleh momen terlebih dahulu sehingga kelelahan lentur terjadi lebih dahulu pada *link*.

### 2.3.3.3 Sudut Rotasi Elemen Link Beam

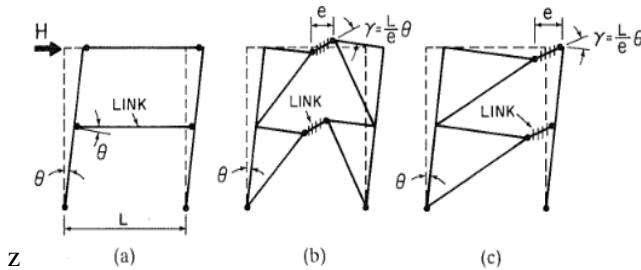
Sudut rotasi pada elemen *link beam* berfungsi menunjukkan adanya penyimpangan yang terjadi pada rangka, dengan terbentuknya sudut inelastis antara *link beam* dan balok di samping *link*. Sudut rotasi pada *link beam* terjadi ketika besarnya total *story drift* sama dengan desain *story drift*,  $\theta$ . Dalam merencanakan struktur penahan gempa dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris besarnya rotasi pada *link beam* perlu untuk diperhitungkan, untuk menentukan besarnya rotasi akan lebih mudah dengan menggunakan mekanisme disipasi energi atau mekanisme kehancuran.

Pada Gambar 2.6 menjelaskan mekanisme kehancuran dari Sistem Rangka Bresing Eksentris dimana dalam design Sistem Rangka Bresing Eksentris besar dari kebutuhan rotasi link ( $\gamma$ ) harus lebih besar dari  $\theta$ , dengan perumusan sebagai berikut :

$$\gamma = \frac{L}{e} \theta \quad (2.1)$$

Dimana :

- $\gamma$  = Rotasi link  
 $L$  = Panjang balok  
 $e$  = Panjang link  
 $\theta$  = Besar penyimpangan struktur



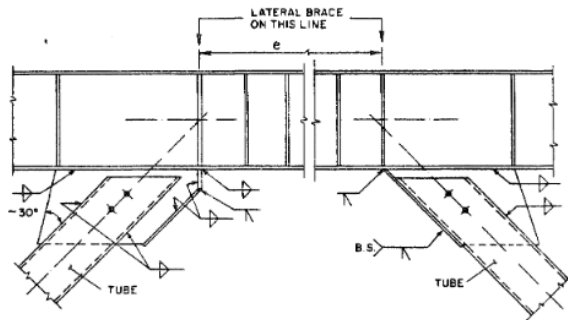
Gambar 2.10 Sudut Rotasi *Link Beam*  
 (Sumber: Engelhart dan Popov, 1988)

#### 2.3.3.4 Pendetaialan Elemen Link Beam

Pendetailan pada elemen *link beam* bertujuan untuk memberi perkuatan pada link beam agar terkontrol dalam menerima beban lateral (gempa). Salah satu perkuatannya yaitu dengan memberikan *full depth stiffeners* pada ujung dan tengah-tengah link. *Full depth stiffeners* dibutuhkan pada kedua ujung link untuk mentransfer gaya geser pada elemen penahan, sedangkan pada bagian tengah-tengah link (*link intermediate web*) agar efektif dalam menahan tekuk geser pada *web link* dan dalam membatasi pengurangan kekuatan (*strength degradation*) akibat adanya *flange local buckling* dan lateral torsional *buckling*. Pengaku disambungkan ke *link web* dan *link flanges* dengan cara di las (*fillet welded*).

Adapun ketentuan jarak dan tebal *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam* antara lain :

- Untuk panjang *link*  $e \leq 1,6 M_p/V_p$ , maka harus disediakan *intermediate web stiffeners* dengan jarak spasi interval tidak melebihi  $30t_w - d/5$  untuk sudut rotasi *link* 0,08 radian atau  $52t_w - d/5$  untuk sudut rotasi *link* 0,02 radian.
- Intermediate web stiffeners* harus *full depth*. Untuk tinggi penampang *link* yang kurang dari 25 inch (635 mm), maka pengaku hanya diperlukan pada satu sisi saja (sisi depan) pada *link web*. Ketebalan pengaku pada satu sisi tersebut tidak boleh kurang dari  $t_w$  atau 3/8 inch (10 mm) (pilih yang terbesar) dan lebarnya tidak kurang dari  $b_f/2 - t_w$ .
- Syarat dari ketebalan dari *fillet weld* (las) yang menghubungkan pengaku dengan *link web* adalah  $A_{st}f_y$  (LRFD), sedangkan untuk pengaku ke *link flange* adalah  $A_{st}f_y/4$  (LRFD) yang mana  $A_{st}$  adalah area dari pengaku.



Gambar 2.11 Detailing Pada *Link Beam*  
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)



### 2.3.3.5 Klasifikasi Jenis Link

Berdasarkan ukuran panjang link ( $e$ ), dikenal klasifikasi jenis link sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi *Link Beam*

Jenis Link	Syarat Link	Keterangan
Geser murni	$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p}$	Leleh pada link didominasi oleh geser penuh
Dominan geser	$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p}$	Leleh pada link didominasi oleh geser
Dominan lentur	$\frac{2,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{5M_p}{V_p}$	Leleh pada link didominasi oleh lentur
Lentur murni	$e \geq \frac{5M_p}{V_p}$	Leleh pada link disebabkan oleh lentur

Dimana :

- $M_p$  = Momen plastis penampang link =  $Z_x \cdot f_y$
- $V_p$  = Gaya geser plastis penampang (badan) link  
=  $0,6 \cdot f_y (d - 2 \cdot t_f)$
- $f_y$  = Tegangan leleh nominal penampang
- $Z_x$  = Modulus plastis penampang link.

Link geser atau link pendek memiliki kinerja yang baik dalam mendisipasi energi gempa melalui deformasi inelastik geser pada pelat badan link yang ditunjukkan dengan kurva histeresis yang ‘gemuk’ dan stabil. Dengan demikian, variasi panjang link akan menentukan tingkat kinerja SRBE. (Moestopo dan Yudi, 2006).

## 2.5 Pondasi

Pondasi merupakan elemen terpenting dalam sebuah perencanaan struktur, dimana merencanakan pondasi termasuk satu kesatuan dalam mendesain suatu struktur bangunan bertingkat tahan gempa. Posisi pondasi dalam struktur terletak di bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah serta berfungsi menahan gaya beban di atasnya dan meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Maka dari itu dalam perencanaannya pondasi harus di desain menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat dan stabil (*solid*).

Pada saat merencanakan pondasi suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Dalam pemilihan suatu tipe pondasi harus mengacu pada fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut. Selain dari segi fungsi bangunan, berat dari bangunan atas (*upper structure*), besarnya beban yang diterima, kondisi tanah dimana bangunan akan didirikan serta struktur bangunan ditinjau dari segi ekonomisnya termasuk beberapa faktor penting dalam pemilihan tipe pondasi yang akan digunakan.

Tipe Pondasi bangunan biasanya dibedakan menjadi dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Dalam menentukan suatu bangunan tersebut akan menggunakan pondasi dangkal atau dalam, dengan melihat letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D \leq B$ ) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi :

### 1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar

pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

a. Pondasi telapak

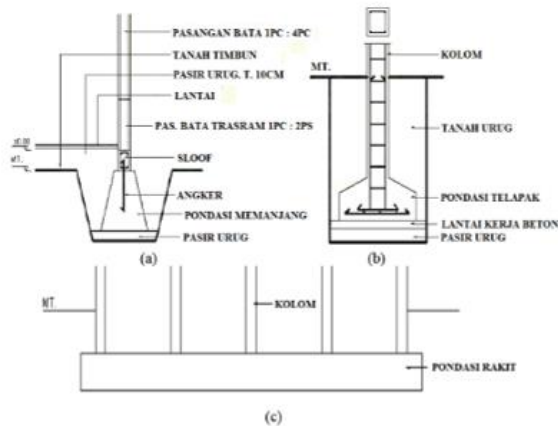
Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.8 a)

b. Pondasi memanjang

Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.8 b)

c. Pondasi rakit (raft foundation)

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom- kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi- sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.8 c)



Gambar 2.12 Jenis Pondasi Dangkal  
(Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

## 2. Pondasi dalam

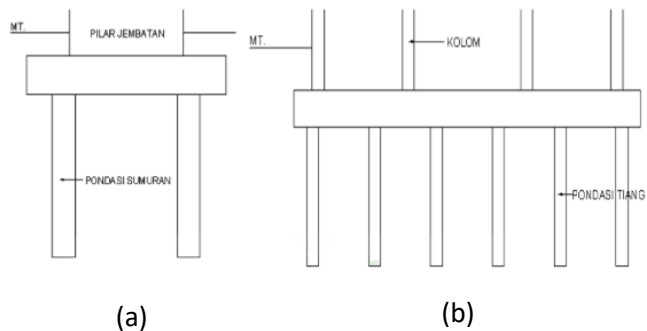
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan. Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti :

### a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebar ( $B$ ) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$ . (Gambar 2.9 a)

b. Pondasi tiang (*pile foundation*)

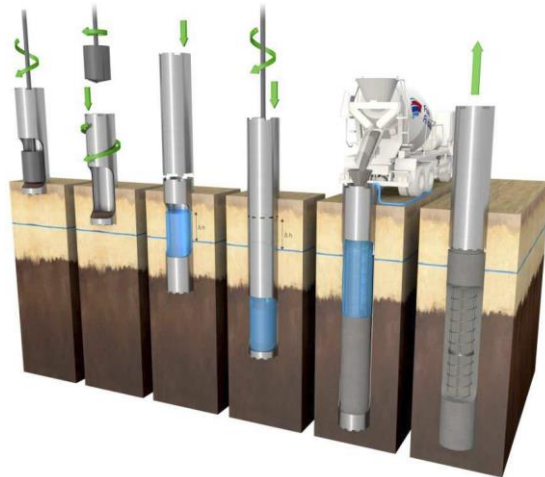
Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.9 b)



Gambar 2.13 Jenis Pondasi Dalam  
(Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

c. Pondasi Tiang Bor (*bore pile foundation*)

Pondasi tiang bor merupakan salah satu alternatif pemakaian pondasi dalam selain pondasi tiang pancang. Istilah tiang bor dipakai ketika dalam pemasangan tiang tersebut, dibuat lubang pada tanah pada kedalaman tertentu dengan cara dibor, kemudian dimasukkan rangkaian tulangan dan selanjutnya dimasukanadukan beton Diameter tiang bor pada umumnya dipakai  $\geq 75$  cm, dan mutu beton yang digunakan rendah, berhubung sangat sulit dikontrol. (Untung, 2010).



Gambar 2.14 Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile  
(sumber : <http://www.archiexpo.com>)

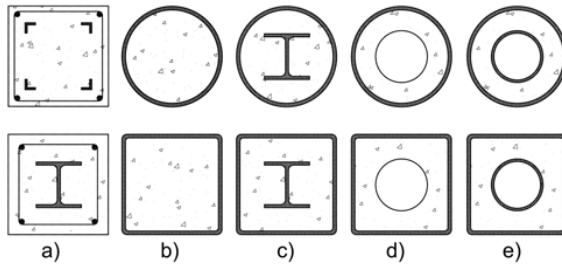
## 2.6 Kolom *Concrete-Filled Steel Tube (CFT)*

Kolom merupakan bagian yang paling vital dalam struktur karena kolom menerima beban aksial, beban lateral, dan momen yang terjadi akibat pembebanan. Beban yang telah diterima oleh kolom akan diteruskan menuju pondasi, sehingga tidak boleh terjadi kegagalan pada struktur kolom maupun hubungan balok-kolom (*beam column joint*) karena akan mengakibatkan keruntuhan (*collapse*) pada bangunan tersebut. Untuk menghindari terjadinya keruntuhan pada bangunan pemilihan material dan sistem kolom yang akan digunakan harus direncanakan dengan baik.

Dalam perencanaanya baja dan beton merupakan material yang sering digunakan dalam merencanakan struktur kolom. Material baja memiliki keunggulan berupa kekuatan tarik yang tinggi dan sangat duktail, sementara material beton memiliki

keunggulan dalam kekuatan dan kekakuan tekan yang baik. Seiring berjalannya waktu banyak dilakukan penelitian untuk menemukan sistem kolom baru yang lebih efektif dan efisien, salah satunya adalah kolom *Concrete-Filled Steel Tube* (CFT).

Kolom *Concrete-Filled Steel Tube* (CFT) adalah salah satu jenis kolom komposit yang memanfaatkan keunggulan kuat tarik yang tinggi dan daktilitas pada struktur baja, serta kekuatan dan kekakuan tekan pada sistem struktur beton. Bentuk kolom CFT sendiri terdiri dari pelat baja berongga melingkar atau persegi panjang yang diisi atau disentrifugasi tanpa perkuatan beton maupun diperkuat dengan beton.



Gambar 2. 15 Tipe-Tipe Kolom Komposit : *Concrete Encased Steel* (CES) (a), CFT (b), Kombinasi CES dan CFT (c), CFT dengan penampang baja berongga (d), dan penampang baja berongga pada bagian dalam dan luarnya.  
 (Kuranovas, Kvedaras, 2007)

Kolom CFT memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan kolom beton bertulang biasa. Keunggulan utama pada kolom CFT adalah sebagai berikut :

a. Interaksi Antara Tabung Baja dan Beton

Tekuk lokal dari tabung baja tertunda dan penurunan kekuatan setelah tekuk lokal dapat dikendalikan karena ditahan oleh beton. Di sisi lain kekuatan beton

meningkat karena tabung baja berperan sebagai bekisting yang mengikat beton dan membatasi retak pada beton, sehingga kerusakan yang terjadi tidak terlalu parah. Terjadinya susut dan rangkai pada beton jauh lebih kecil jika dibandingkan kolom beton bertulang biasa.

b. Kemampuan Penampang

Penggunaan tabung baja pada kolom CFT lebih besar dalam menahan tekanan tinggi dan tekanan yang tidak terkendali jika dibandingkan dengan kolom beton bertulang biasa dan *Concrete Encased Steel* (CES). Letak tabung baja pada bagian luar kolom CFT memberikan dampak baja menjadi lebih plastis ketika menerima lentur.

c. Efisiensi Pada Saat Konstruksi

Penggunaan tenaga kerja untuk memasang bekisting dan merangkai tulangan bisa dikurangi dan pengecoran beton menggunakan pompa. Efisiensi penggunaan kolom CFT berdampak pada bersihnya pada saat pelaksanaan, pengurangan tenaga kerja, biaya konstruksi dan menghemat waktu konstruksi.

d. Ketahanan Terhadap Api

Adanya beton pada kolom CFT meningkatkan ketahanan terhadap api, sehingga penggunaan bahan tahan api dapat dikurangi atau dihilangkan pada kolom CFT.

e. Biaya Pelaksanaan

Karena beberapa keunggulan dan manfaat yang telah dijelaskan di atas, optimasi biaya pelaksanaan yang



lebih baik dapat diperoleh dengan mengganti kolom struktur baja dengan kolom CFT.

f. Ekologi Lingkungan

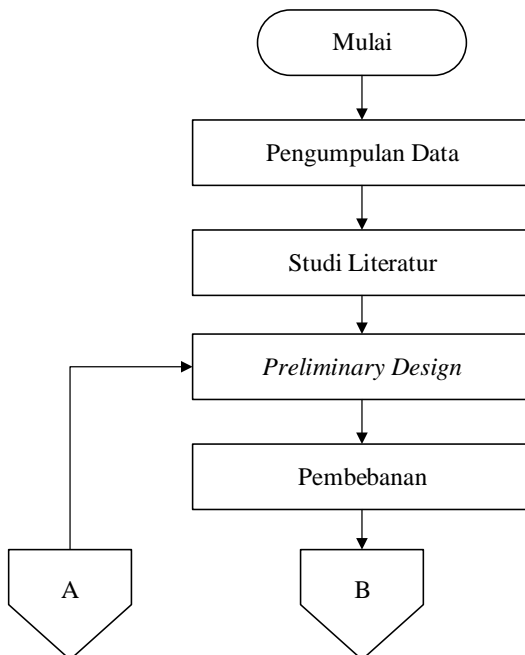
Penggunaan kolom CFT mengurangi penggunaan bekisting kayu dengan menggunakan tabung baja sebagai bekisting sehingga turut menjaga ekologi lingkungan. Beton yang digunakan pada kolom CFT menggunakan beton mutu tinggi dengan agregat daur ulang.

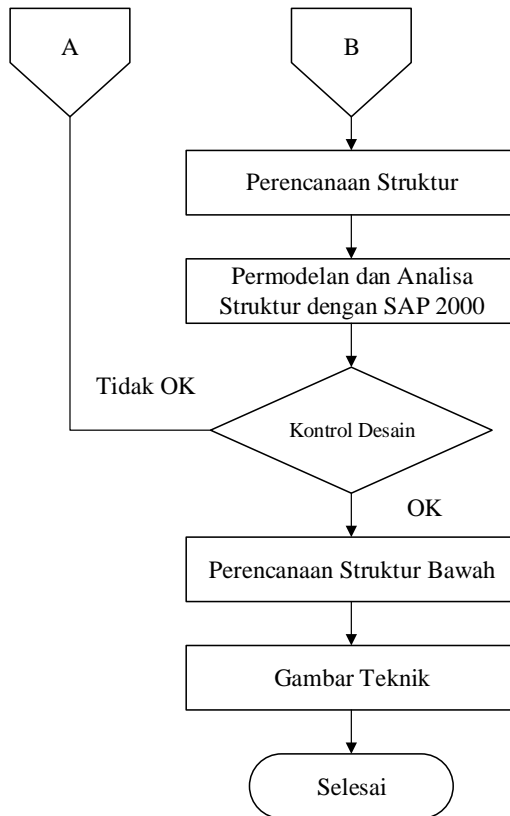
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir Penyelesaian Modifikasi Desain Bangunan

Untuk memodifikasi desain suatu struktur bangunan diperlukan metodologi atau langkah-langkah dalam memodifikasi desain bangunan agar pada saat pengerjaanya lebih sistematis dan terstruktur.

Langkah – Langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan modifikasi desain bangunan ini adalah sebagai berikut :





**Gambar 3.1** Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.2 Metodologi pengerjaan Modifikasi Desain Bangunan

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### 3.2.1 Pengumpulan Data

Sebelum memulai mendesain dan menganalisa dilakukan pengumpulan data yang valid seperti data umum bangunan , data tanah dimana lokasi bangunan akan di bangun serta data lain yang dapat membantu proses pengerjaan proposal tugas akhir. Pengumpulan data yang didapat adalah sebagai berikut :

a. Data umum bangunan :

1. Nama Gedung : Hotel Grand Dafam Kayoon  
Surabaya
2. Lokasi : Surabaya
3. Fungsi : Hotel
4. Jumlah Lantai : 20 Lantai
5. Tinggi Gedung : 65,6 m
6. Material Struktur : Beton bertulang
7. Sistem struktur : Sistem ganda

Pada Proposal Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaanya menggunakan material baja dengan data sebagai berikut :

1. Nama Gedung : Hotel Grand Dafam Kayoon  
Surabaya
2. Lokasi : Surabaya
3. Fungsi : Hotel
4. Jumlah Lantai : 20 Lantai
5. Tinggi Gedung : 65,6 m
6. Material Struktur : Baja
7. Sistem struktur : *Ecentrically Braced Frame (EBF)*
8. Rencana Pondasi : Tiang pancang

b. Data gambar bangunan :

Data gambar berupa gambar arsitektur dan struktur bangunan. Gambar dapat dilihat pada lampiran.

- c. Data tanah :  
Data tanah berupa grafik SPT. Data tanah dapat dilihat pada lampiran.

### **3.2.2 Studi Literatur**

Dalam merencanakan desain struktur bangunan baja diperlukan studi terhadap literatur yang berkaitan mengenai struktur bangunan baja. Literatur yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. SNI 1729:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
2. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung
3. SNI 1729:2015 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung
4. SNI 2847:2013 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
5. Buku struktur baja 1 (Marwan Ibrahim dan Isdarmanu)
6. Buku Daya dukung pondasi dalam (Herman Wahyudi)
7. Buku Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD (Agus Setiawan)
8. Jurnal-jurnal yang berkaitan dengan SRBE

### **3.2.3 Preliminary Design**

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan, material struktur dan dimensi profil yang akan digunakan. Perkiraan yang akan direncanakan adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan Struktur Sekunder meliputi :
  - Pelat lantai
  - Balok Anak
  - Tangga
  - Balok Penumpu Lift
- b. Perencanaan Struktur Utama meliputi :
  - *Link Beam*
  - Dimensi balok induk
  - Dimensi kolom
  - Dimensi pengaku

### 3.2.4 Analisa Pembebanan

Dalam melakukan perencanaan struktur bangunan harus memperhatikan beban- beban yang akan terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga diperlukannya suatu pendekatan dengan asumsi yang mendekati keadaan yang sesungguhnya. Salah satu metode pendekatannya adalah dengan perhitungan beban struktur yang terdiri dari beberapa macam beban sebagai berikut :

1. Beban Mati (SNI 1729:2013 Pasal 3)
2. Beban Hidup (SNI 1729:2013 Pasal 4)
3. Beban Angin (SNI 1729:2013 Pasal 26)
4. Beban Gempa (SNI 1726:2012)
5. Kombinasi Pembebanan (SNI 1726:2013)

### 3.2.5 Konsep Perencanaan Struktur Baja

Melakukan langkah-langkah perhitungan dan perencanaan suatu struktur baja sesuai dengan dkonsep perencanaan dalam mendesain bangunan struktur baja.

- a. **Perencanaan Struktur Sekunder**  
Melakukan desain struktur sekunder sesuai mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :
  - Pelat Lantai
  - Balok Anak
  - Tangga
  - Balok Penumpu Lift
- b. **Perencanaan Struktur Utama**  
Melakukan desain struktur primer sesuai mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :
  - Desain Balok
  - Desain Kolom
  - Desain Elemen Link Beam
- c. **Perencanaan Sambungan**  
Melakukan perencanaan sambungan sesuai dengan mutu bahan dan bentuk struktur agar tidak menimbulkan perilaku yang mempengaruhi struktur lain

### **3.2.6 Permodelan dan Analisa Struktur**

Melakukan permodelan struktur menggunakan program bantu SAP 2000 yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi.

### **3.2.7 Kontrol Desain Struktur Baja**

Melakukan kontrol kemampuan semua struktur yang telah direncanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Kontrol kemampuan struktur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

### 3.2.7.1 Kontrol Perencanaan Struktur Utama

Desain elemen struktur utama dikontrol berdasarkan peraturan pada SNI 1729:2015 agar bangunan mampu memikul gaya-gaya yang diterima oleh struktur. Kontrol Struktur Utama meliputi :

**a. Kolom**

Kolom komposit CFT menerima beban kombinasi normal dan lentur maka syarat serta kontrolnya sebagai berikut :

- Kriteria untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan
  - Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.1)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \quad (3.2)$$

- Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit  
Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sebagai berikut :

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja sama di semua sisi.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.3)$$



$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.4)$$

$$\lambda_r = 3.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.5)$$

$$5.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maks. yang diijinkan)} \quad (3.6)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton.

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.7)$$

Dengan,

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.8)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.9)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0.7 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.10)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0.7 f_c \left( A_c + A_r \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.11)$$

Penampang persegi diisi beton,

- Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde pertama yang diperlukan,  $M_r$ , dan ketentuan aksial,  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.12)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.13)$$

Ketrangan :

- $B_1$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.
- $B_2$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\Delta$ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.
- $M_{lt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.
- $M_{nt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.
- $M_r$  = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBK.
- $P_{lt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

- $P_{nt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK  
 $P_r$  = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

- Pengali  $B_1$  untuk Efek  $P - \delta$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.14)$$

dimana ,

- $\alpha$  = 1.00 (DFBK)  
 $C_m$  = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut :

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.15)$$

Dengan  $M_1$  dan  $M_2$  dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung dari bagian komponen.

- $P_{e1}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.16)$$

dimana ,

$EI^*$  = Kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ( $= 0.8\tau_c EI$  bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan  $\tau_c$  adalah seperti ditetapkan pada Bab C SNI 1729:2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama)

$E$  = Modulus elastisitas baja 200000 MPa

$I$  = Momen inersia bidang lentur, mm<sup>4</sup>

$L$  = Panjang komponen struktur, mm

$K_1$  = faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur.

- Pengali  $B_2$  untuk Efek  $P - \Delta$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}} \quad (3.17)$$

Dimana ,

$\alpha$  = 1.00 (DFBK)

$P_{story}$  = Beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan

merupakan bagian dari sistem perancah gaya lateral.

$P_{e\_story}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk *sidesway* atau sebagai berikut:

$$P_{e\_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.18)$$

Dimana ,

$$R_M = 1 - 0.15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{story}} \right)$$

$L$  = Tinggi tingkat, mm

$P_{mf}$  = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen.

$\Delta_H$  = Simpangan tingkat dalam orde pertama.

$H$  = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung  $\Delta_H$ , N

- Momen Nominal

Momen nominal pada kolom diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.19)$$

Keterangan :

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$\phi$  = faktor tahanan = 0,9

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja sama di semua sisi.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.20)$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.21)$$

$$\lambda_r = 1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.22)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.23)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left( 3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (3.24)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.25)$$

Dimana,

$S_e$  = Modulus penampang efektif yang ditentukan dengan lebar efektif,  $b_e$ , dari sayap yang diambil sebersar:

$$b_e = 1.92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left( 1 - \frac{0.38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.26)$$

- Persamaan Interaksi aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simetris komponen struktur komposit ditentukan berdasarkan

- Untuk  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$  maka ,

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.27)$$

- Untuk  $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$  maka ,

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.28)$$

Keterangan :

$P_r$	=	Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N
$P_c = \phi_c P_n$	=	Kekuatan aksial desain, N
$M_r$	=	Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm
$M_c = \phi_b M_n$	=	Kekuatan lentur desain, Nmm
$\phi_c$	=	faktor ketahanan untuk tekan = 0.90
$\phi_b$	=	faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

**b. Balok**

Pada elemen balok bekerja gaya lentur dan gaya geser. Kapasitas lentur dan gaya geser harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (3.29)$$

Dimana ,

$M_u$	=	Kuat lentur perlu atau momen maksimum hasil kombinasi beban sesuai ketentuan LRFD
$\phi_b$	=	Faktor ketahanan lentur, sebesar 0,9
$M_n$	=	Kuat lentur nominal balok ditinjau terhadap berbagai kondisi batas (material atau geometri) sesuai prosedur

Pada perencanaan elemen balok harus dilakukan pengecekan terhadap hal- hal sebagai berikut:



- a. Cek terhadap kelangsingan penampang Sayap (*flange*):

- Penampang kompak

$$\lambda = \frac{b}{t_f} \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.30)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.31)$$

$$\lambda_r = 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.32)$$

Badan (*web*):

- Penampang kompak

$$\lambda = \frac{d - 2(t_f + r)}{t_w} \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.28)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.29)$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.30)$$

Jika  $\lambda > \lambda_r$ , maka penampang termasuk penampang langsing, dimana:

$\lambda$  = faktor kelangsingan penampang

C	=	batas kelangsingan untuk penampang kompak
h	=	tinggi penampang
bf	=	lebar sayap
tw	=	tebal badan
tf	=	tebal sayap
fy	=	tegangan leleh baja
r	=	jari-jari kelengkungan
$\lambda_r$	=	batas kelangsingan untuk penampang non kompak
fr	=	tegangan residu, untuk penampang buatan pabrik 70 Mpa dan jika penampang buatan dilas 115 Mpa

b. Cek terhadap kapasitas lentur penampang

- Penampang kompak

$$M_n = M_p \quad (3.31)$$

$$M_p = F_y Z_x \quad (3.32)$$

c. Cek terhadap tekuk torsi lateral

- Bentang Pendek

Syarat bentang pendek:  $L_b < L_p$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.33)$$

Kapasitas lentur:  $M_n = M_p$

- Bentang menengah

Syarat bentang menengah:  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} \quad (3.34)$$

Dimana ,

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1ht_w}{6b_f t_f}\right)}} \quad (3.35)$$

$$C_w = \frac{1}{24} t_f b^3 (h - 2t_f)^2 \quad (3.36)$$

Kapasitas lentur:

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.37)$$

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3 \quad (3.38)$$

Keterangan:

- $C_b$  = koefisin pengali momen tekuk lateral
- $M_{\max}$  = harga absolute momen max pada segmen tanpa pengaku lateral pada sebuah balok ( $L_b$ ).
- $L_b$  = panjang bentang antara dua pengaku lateral

$L_p$	=	panjang bentang maksimum untuk balok yang dapat menerima beban plastis
$L_r$	=	panjang bentang minimum balok yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral
$M_A$	=	momen pada $\frac{1}{4}$ bentang $L_b$
$M_B$	=	momen pada $\frac{1}{2}$ bentang $L_b$
$M_C$	=	momen pada $\frac{3}{4}$ bentang $L_b$
$E$	=	Modulus elastisitas baja
$r_y$	=	jari-jari girasi terhadap sumbu y (sumbu lemah)
$G$	=	Modulus geser baja
$J$	=	konstanta puntir torsi
$C_w$	=	kostanta warping penampang
$S_x$	=	modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat
$h_o$	=	jarak antar titik elemen sayap

- Bentang panjang  
Syarat bentang panjang:  $L_b > L_r$

Kapasitas lentur:  $M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.39)$$

d. Cek nominal geser

Kuat geser nominal,  $V_n$  pelat badan dari profil simetris tunggal atau ganda atau profil UNP, yang direncanakan tanpa memanfaatkan kekuatan pasca-tekuk, ditentukan dari kondisi batas akibat leleh dan tekuk akibat geser sebagai berikut :

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \quad (3.40)$$

- Untuk badan profil I *hot-rolled* jika  $\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ , maka

$$\phi_v = 1.0 \text{ dan } C_v = 1.0 \quad (3.41)$$

- Profil yang tidak memenuhi persyaratan diatas, tetapi simetris ganda atau tunggal maka  $C_v$  ditetapkan dari kelangsingan pelat badan atau rasio  $h/t_w$  dalam tiga kategori berikut :

$$1. \text{ Jika } \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad (3.42)$$

$$C_v = 1.0$$

$$2. \text{ Jika } 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad (3.43)$$

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.44)$$

$$3. \text{ Jika } \frac{h}{t_w} \geq 1,37 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad (3.45)$$

$$C_v = \frac{1,51k_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_y} \quad (3.46)$$

Koefisien tekuk geser pelat badan,  $k_v$  ditentukan sebagai berikut :

- Untuk badan tanpa *pengaku transversal* dan dengan

$$\frac{h}{t_w} \leq 260, \quad \text{maka } k_v = 5,$$

kecuali untuk badan profil T dimana,  $k_v = 1, 2$

- Untuk badan dengan pengaku transversal , maka

$$k_v = 5 + \frac{5}{\left(a/h\right)^2} \quad (3.47)$$

$$k_v = 5 \text{ bila } a/h > 3,0 \text{ atau } a/h > \left[ \frac{260}{\left(h/t_w\right)} \right]^2 \quad (3.48)$$

Keterangan:

$V_n$  = kapasitas nominal geser penampang

$V_u$  = kapasitas geser perlu

$A_w$  = luas pelat badan ( $A_w = d.t_w$ )

$h$  = tinggi penampang

c. Desain Elemen Link Beam

1. Kuat Elemen Link

Kekuatan (geser dan lentur) batas pada elemen link ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3.49)$$

$$V_p = 0,6f_y(h - 2t_f)t_w \quad (3.50)$$

Dimana:

$M_p$	=	Momen plastis penampang
$Z_x$	=	Modulus plastis penampang
$f_y$	=	Tegangan leleh penampang
$V_p$	=	Gaya geser plastis penampang
$h$	=	Tinggi penampang
$t_f$	=	Tebal <i>flens</i>
$t_w$	=	Tebal <i>web</i>

2. Panjang Link Beam

Ketentuan mengenai panjang link ( $e$ ) adalah sebagai berikut:

*Link geser (short links):*

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (3.51)$$

*Link medium (intermediate links):*

$$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3.52)$$

*Link lentur (short links):*

$$e \geq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3.53)$$

Dimana :

- $M_p$  = momen plastis penampang link =  $Z_x \cdot f_y$   
 $V_p$  = gaya geser plastis penampang (badan) link =  $0,6 \cdot f_y (d - 2 \cdot t_f)$   
 $Z_x$  = modulus plastis penampang link.

### 3. Sudut Rotasi Link Beam

Sudut rotasi link beam seharusnya tidak melebihi nilai berikut:

- 0,08 radian untuk panjang *link*  $e \leq 1,6M_p/V_p$
- 0,02 radian untuk panjang *link*  $e \geq 2,6M_p/V_p$
- Interpolasi linier antara 0,08-0,02 radian jika panjang *link*  $1,6M_p/V_p \leq e \leq 2,6M_p/V_p$

#### d. Perencanaan Sambungan

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama ( $\phi R_n$ ) menurut SNI 1729: 2015 Pasal J3.6 sebagai berikut :

$$R_n = F_n A_b \quad (3.52)$$

Dimana ,  $\phi = 0.75$

Keterangan :

- $A_b$  = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.2 (mm<sup>2</sup>)  
 $F_n$  = tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$ , atau tegangan geser,  $F_{nw}$  dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut SNI 1729 : 2015 Pasal J3.7 :



$$R_n = F'_{nt} A_b \quad (3.53)$$

Dimana ,  $\phi = 0.75$

Keterangan :

$F'_{nt}$  = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa)

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \quad (3.54)$$

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal dari Tabel 3.8-1, ksi (MPa)

$F_{nv}$  = tegangan geser dari Tabel 3.8-1, ksi (MPa)

$f_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban, ksi (MPa)

Tabel 3.1 Kekuatan tarik ( $F_{nt}$ ), kekuatan geser ( $F_{nv}$ )

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, $F_{nt}$ , ksi (MPa) <sup>[a]</sup>	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe-Tumpu, $F_{nv}$ , ksi (MPa) <sup>[b]</sup>
Baut A307	45 (310)	27 (188) <sup>[c]</sup>
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	90 (620)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	113 (780)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	113 (780)	84 (579)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,450 F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,563 F_u$

<sup>[a]</sup> Untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3

<sup>[b]</sup> Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (965 mm),  $F_{nv}$  harus direduksi sampai 83,3 % dari nilai tabulasi. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut-baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan lekatan.

<sup>[c]</sup> Untuk baut A307 nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1 persen untuk setiap 1/16 in. (2 mm) di atas diameter 5 dari panjang pada pegangan/grip tersebut.

<sup>[d]</sup> Ulir diizinkan pada bidang geser.

e. Kontrol Terhadap Gempa

Analisa struktur terhadap beban gempa dikontrol berdasarkan SNI 1726: 2012 adalah sebagai berikut :

1. Kontrol Partisipasi Massa  
Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%
2. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum  
Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%
3. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental  
Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan

$$T = C_t \cdot h_n^x \quad (3.55)$$

Dimana nilai parameter untuk SRBE adalah:

$$\begin{aligned} C_t &= 0,0731 \\ x &= 0,75 \\ h_n &= \text{Tinggi gedung} \end{aligned}$$

4. Kontrol Kinerja Struktur Gedung  
Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan SNI 1726: 2012 Pasal 7.9.3

### 3.2.8 Perencanaan Struktur Bawah

Pada umumnya tiang- tiang dalam fungsinya menahan beban lateral melalui sebuah poer. Poer ini sebagai penggabung dari tiang- tiang individu menjadi satu kelompok tiang dan sekaligus sebagai penyalur beban pada setiap tiang. Pada suatu perencanaan, poer dianggap kaku sehingga distribusi beban-beban luar yang melalui poer ke setiap tiang dapat dianggap linear.

#### 3.2.8.1 Perencanaan Tiang Bor (Bore Pile)

Pada umumnya tiang- tiang dalam fungsinya menahan beban lateral melalui sebuah poer. Poer ini sebagai penggabung dari tiang- tiang individu menjadi satu kelompok tiang dan sekaligus sebagai penyalur beban pada setiap tiang. Pada suatu perencanaan, poer dianggap kaku sehingga distribusi beban-beban luar yang melalui poer ke setiap tiang dapat dianggap linear.

##### 1. Perhitungan Dimensi Penampang Tiang Bor (*Bore Pile*)

Penentuan diameter tiang ( $D_s$ ) pada tiang bor dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A = \frac{Q_w}{f'_c} = \frac{Q_w}{0,25f'_c}$$

$$\frac{1}{4}\pi D_s^2 = \frac{Q_w}{0,25f'_c} \rightarrow D_s = 2,257 \sqrt{\frac{Q_w}{f'_c}} \quad (3.56)$$

Dimana,

- $A$  = luas penampang tiang bor
- $Q_w$  = beban yang bekerja diatas tiang
- $F'_c$  = jarak horizontal antar tulangan miring
- $D_s$  = diameter tiang bor

##### 2. Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor (*Bore Pile*)

Daya dukung tiang pada bore pile dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_u = Q_e + Q_f \text{ dan } \bar{Q} = \frac{Q_u}{SF} \quad (3.57)$$

Dimana,

- $\underline{Q_u}$  = daya dukung ultimate
- $\underline{\bar{Q}}$  = daya dukung ijin
- $Q_e$  = daya dukung di ujung tiang
- $Q_f$  = daya dukung pada selimut tiang
- $SF$  = angka keamanan

- Daya Dukung di Ujung Tiang ( $Q_e$ )

- a. Untuk Jenis Tanah Pasir

$$Q_e = A_p q' (N_q^* - 1) \quad (3.58)$$

Dimana,

- $A_p$  = luas penampang pada ujung tiang
- $N_q^*$  = faktor daya dukung dari vesic
- $q'$  = tegangan efektif vertikal

- b. Untuk Jenis Tanah Liat

$$Q_e = A_p C_u N_c \quad (3.59)$$

Dimana :

- $N_c$  = 9
- $C_u$  = *undrained cohesion*

- Daya Dukung Pada Selimut Tiang ( $Q_f$ )

$$Q_f = \int_0^L p f dz \quad (3.60)$$

Dimana,

- $L$  = panjang tiang  
 $p$  = keliling tiang  
 $f$  = hambatan pelekak  
 $dz$  = luas diagram tekanan tanah pada tiang

a. Untuk Jenis Tanah Pasir ( $C = 0$ )

Dimana perhitungan rumusnya sebagai berikut :

$$Q_f = \int_0^L p f dz \quad f = (1 - \sin \theta) \sigma' tg \delta \quad (3.61)$$

$$Q_f = \pi Ds (1 - \sin \phi) \int_0^L \sigma' tg \delta dz$$

$$\text{dimana } \delta = \left( \frac{2}{3} \cdot \phi \right) \quad (3.62)$$

$$Q_{net} = \frac{Q_e + Q_f}{SF} \quad (3.63)$$

b. Untuk Jenis Tanah Liat ( $\phi = 0$  &  $N_q = 1$ )

Dimana perhitungan rumusnya sebagai berikut

$$Q_f = \sum_{L=0}^{L=1} \alpha Cu p \Delta l \rightarrow \alpha = 0,35 - 0,6 \quad (3.64)$$

### 3. Penulangan Tiang Bor (*Bore Pile*)

- Menghitung Tulangan Utama

Untuk menghitung tulangan utama, maka menggunakan (SNI 2847-2014, Lampiran B.8.4.2)

$$\rho_b = \frac{0,85 f'_c \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \quad (3.65)$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \rho_b &= \text{rasio tulangan berimbang} \\ f'_c &= \text{kuat tekan beton} \\ f_y &= \text{tegang leleh baja} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, pasal 10.2.7.3, untuk  $f'_c$  antara 17 dan 28 MPa,  $\beta_1$  harus diambil sebesar 0,85. Untuk  $f'_c$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 Mpa diatas 28 MPa, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

Rasio tulangan maksimum dibatasi sebesar:

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b \quad (3.66)$$

Rasio tulangan minimum dibatasi sebesar :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} \quad (3.67)$$

Dengan :

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} \quad (3.68)$$

$$\rho_{perlu} = 0,5 \rho_b \quad (3.69)$$

$$R_n = 0,5 \rho_b f_y \left( 1 - \frac{0,588 \rho_{perlu} f_y}{f'_c} \right) \quad (3.70)$$

Jika  $b = \frac{Ag}{0,8 D}$  dan  $d = 0,8 D$  , maka luasan tulangan ( $A_s$ ) dari  $\rho$  yang didapatkan :

$$A_{S_{perlu}} = \rho b d \quad (3.71)$$

- Menghitung Tulangan Geser

Menghitung tulangan geser dengan perencanaan lentur adalah (SNI 2847-2013, pasal 11.1.1)

$$\phi V_n > V_u \quad (3.72)$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \text{kapasitas kuat geser penampang} \\ V_u &= \text{geser ultimate yang ditahan oleh} \\ &\quad \text{penampang} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, pasal 11.4.7.3, bila pengikat melingkar, sengkang tertutup, atau spiral digunakan sebagai tulangan geser, maka  $V_s$  harus dihitung menggunakan persamaan 2.20 untuk struktur bulat, dimana  $d$  boleh diambil 16 kali diameter penampang beton.

$A_v$  harus diambil sebagai dua kali luas batang tulangan pada pengikat melingkar, sengkang tertutup, atau spiral dengan spasi  $s$ ,  $s$  diukur dalam arah parallel terhadap tulangan longitudinal dan  $f_{yt}$  adalah kekuatan leleh tulangan pengikat melingkar, sengkang tertutup, atau spiral yang disyaratkan.

$$V_n = V_s + V_c \quad (3.73)$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (3.74)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3.75)$$

### 3.2.8.2 Perencanaan Poer

- Kontrol Tebal Minimum Poer

Menurut (SNI 2847: 2013) tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

- Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 3.6 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.

- Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.76)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.77)$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \quad (3.78)$$

- Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.79)$$



$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.80)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.81)$$

$$V_c = 033 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.82)$$

Keterangan:

Bc	=	Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom
$\alpha$	=	40 untuk kolom dalam
	=	30 untuk kolom tepi
	=	20 untuk kolom sudut
B0	=	Parameter penampang kritis
d	=	Tinggi manfaat pelat

- Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.7 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.83)$$

Dimana  $V_c$  diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.84)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.85)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.86)$$

### 3.2.9 Penggambaran Teknik

Menggambar hasil modifikasi perencanaan struktur atas dan struktur bawah ke dalam gambar rencana. Gambar rencana dibuat menggunakan program Auto CAD.

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## **BAB IV**

### **PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

#### **4.1 Umum**

Pada perencanaan struktur sekunder ini, dimensi dan struktur sekunder dibuat *typical*.

#### **4.2 Perencanaan Pelat**

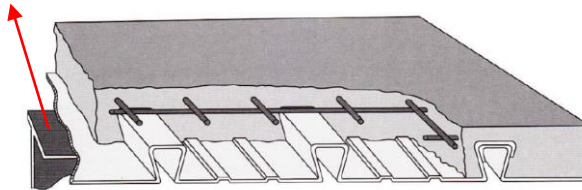
Perencanaan pelat lantai pada bangunan dibagi menjadi 5 bagian yaitu :

1. Perencanaan Pelat Atap
2. Perencanaan Pelat Parkir
3. Perencanaan Pelat Ballroom
4. Perencanaan Pelat Lantai Hunian
5. Perencanaan pelat Lantai Kantor

Seluruh struktur lantai didesain menggunakan bondek dengan tabel perencanaan praktis dari PT SUPER STEEL INDAH. Pelat bondek yang akan digunakan berdasarkan borsur *Super Floor Deck* dengan keterangan sebagai berikut :

- Struktur lantai direncanakan tanpa menggunakan penyangga (*no props*) untuk bentang 1,75 – 2,5m, sedangkan untuk bentang 3 meter menggunakan penyangga.
- Tebal Bondek sendiri adalah 0.75 mm.
- Mutu Beton yang digunakan adalah  $f'c$  25 MPa.
- Mutu Baja Tulangan U-48
- Tulangan menggunakan Wiremesh dari PT.Union Metal

ELEMEN BALOK

**Gambar 4.1** Perencanaan Perletakan Lantai Komposit

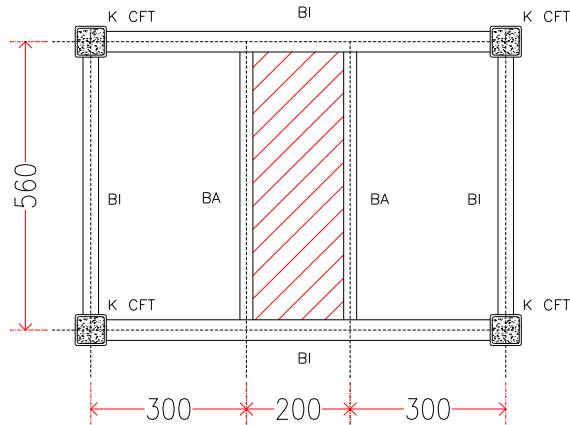
Super Flor Deck 0,75 mm		BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT													
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M2		200		300		400		500		600		700		1000	
TIANG PENYANGGA PROPING	BENTANG SPAN m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1,50	9	0,59	9	0,73	9	0,85	9	0,98	9	1,11	9	1,31	9	1,65
	1,75	9	0,81	9	0,99	9	1,17	9	1,35	9	1,53	9	1,81	10	2
	2,00	9	1,07	9	1,31	9	1,55	9	1,79	9	2,03	9	2,39	10	2,65
	2,25	9	1,37	9	1,68	9	1,98	9	2,3	9	2,6	9	3,08	11	3,04
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2,50	9	1,71	9	2,09	9	2,48	9	2,86	9	3,25	10	3,39	14	2,92
	2,75	9	2,09	9	2,25	9	3,02	10	3,11	11	3,18	12	3,39	15	3,33
	3,00	9	2,51	9	3,07	9	3,25	11	3,38	12	3,49	13	3,75		
	3,25	10	2,70	10	3,27	10	3,84	12	3,67	12	3,82	14	4,12		
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3,50	11	2,90	11	3,49	11	4,09	12	4,29	13	4,46	15	4,51		
	3,75	11	3,36	11	4,04	11	4,73	13	4,61	14	4,81				
	4,00	12	3,59	12	4,28	12	4,99	14	4,93	15	5,17				
	4,50	13	4,34	13	5,14	14	5,58	15	5,95						
	5,00	15	4,90	15	5,73	15	6,58								

**Gambar 4.2** Tabel Perencanaan Praktis Bentang Bondex

*Keterangan :*

- Tabel Perencanaan Praktis di dapatkan dari brosur PT SUPER STEEL INDAH

#### 4.2.1 Perencanaan Pelat Atap



Gambar 4.3 Pelat Lantai Atap

Beban Mati ( $q_D$ ) :

- Berat plafon	= 5	kg/m <sup>2</sup>
- Berat penggantung	= 10	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Ducting dan Plumbing	= 20	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Spesi ( $t = 2\text{cm}$ ) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2$	= 42	kg/m <sup>2</sup>
<b><math>q_D \text{ Total}</math></b>	<b>= 77</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>

Beban Hidup ( $q_L$ ) (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*) :

- Lantai Atap ( $0,96 \text{ kN/m}^2$ )	= 97,86	kg/m <sup>2</sup>
---	---------	-------------------

Beban Berguna :

- $q_U = q_D + q_L$	
= $77 + 97.64$	
= $174,86 \text{ kg/m}^2$	$\approx 200 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 200 kg/m<sup>2</sup>
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 1,07 cm<sup>2</sup>/m

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 6 mm
- $$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 6^2 = 28,2743 \text{ mm}^2 = 0,283 \text{ cm}^2$$

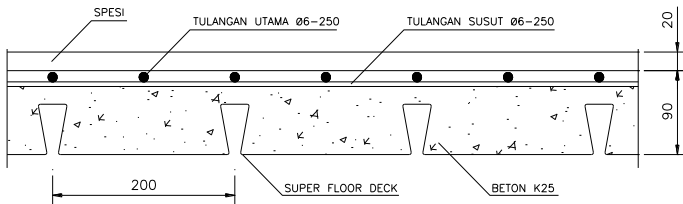
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- $$n = \frac{1,07}{0,283} = 3,784 \text{ Buah}$$

Jarak Antar Tulangan per meter ( s ) :

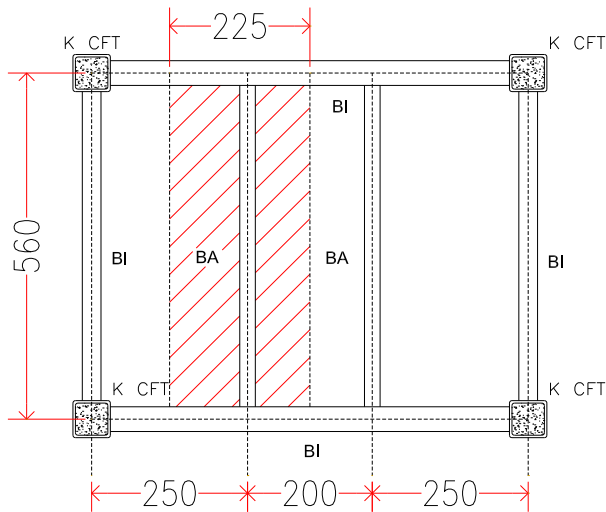
- $$s = \frac{1000}{3,784} = 264,2 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran Ø 6 – 250



**Gambar 4.4** Penulangan Pelat Atap

#### 4.2.2 Perencanaan Pelat Parkir



**Gambar 4.5** Pelat Lantai Parkir

Beban Mati ( $q_D$ ) :

- Berat Aspal ( $t = 2\text{cm}$ ) =  $2 \times 14 \text{ kg/m}^2$  = 28  $\text{kg/m}^2$
- Berat Penggantung = 10  $\text{kg/m}^2$
- Berat Ducting dan Plumbing = 20  $\text{kg/m}^2$
- Berat Spesi ( $t = 2\text{cm}$ ) =  $2 \times 21 \text{ kg/m}^2$  = 42  $\text{kg/m}^2$

---


$$q_D \text{ Total} = 100 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup ( $q_L$ ) (*PPIUG 1983 Tabel 3.1 hal 17*) :

- Lantai Parkir = 400  $\text{kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $q_U = q_D + q_L$   
 $= 100 + 400$   
 $= 500 \text{ kg/m}^2 \quad \approx \quad 500 \text{ kg/m}^2$



Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 500 kg/m<sup>2</sup>
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 1,79 cm<sup>2</sup>/m
- Tanpa penyangga

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 6 mm
- $$As = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 6^2 = 28,274 \text{ mm}^2 = 0,283 \text{ cm}^2$$

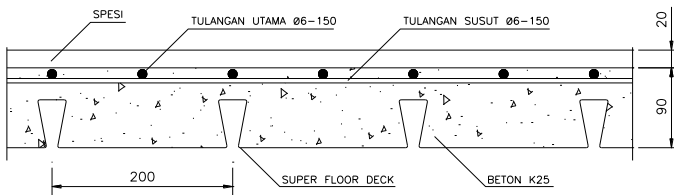
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- $$n = \frac{1,79}{0,283} = 6,331 \text{ Buah}$$

Jarak Antar Tulangan per meter ( s ) :

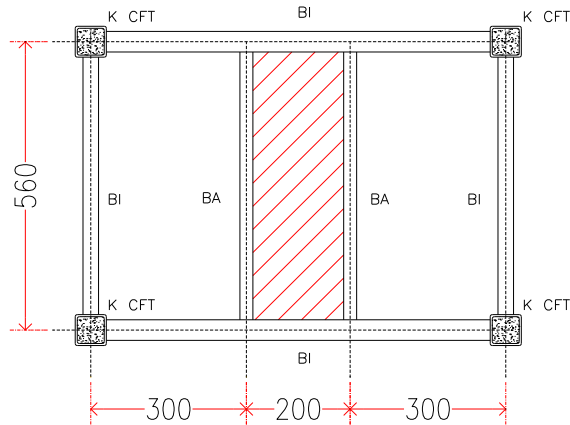
- $$s = \frac{1000}{6,331} = 158 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran Ø 6 – 150



**Gambar 4.6** Penulangan Pelat Parkir

### 4.2.3 Perencanaan Pelat Ballrom



**Gambar 4.7** Pelat Lantai Balroom

Beban Mati ( $q_D$ ) :

- Berat Plafond	=	5	kg/m <sup>2</sup>
- Berat tegel ( $t = 1\text{cm}$ ) = $1 \times 24$ kg/m <sup>2</sup>	=	24	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Penggantung	=	10	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Ducting dan Plumbing	=	20	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Spesi ( $t = 2\text{cm}$ ) = $2 \times 21$ kg/m <sup>2</sup>	=	42	kg/m <sup>2</sup>
		<hr/>	
$q_D$ Total		=	101 kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup ( $q_L$ ) (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*) :

- Lantai Ballrom ( 4,79 kN/m <sup>2</sup> )	=	488,3	kg/m <sup>2</sup>
---	---	-------	-------------------

Beban Berguna :

$$\begin{aligned}
 - q_U &= q_D + q_L \\
 &= 101 + 488,3 \\
 &= 589,28 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 600 kg/m<sup>2</sup>
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 2.03 cm<sup>2</sup>/m
- Tanpa penyangga

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 8 mm
- $$As = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ cm}^2$$

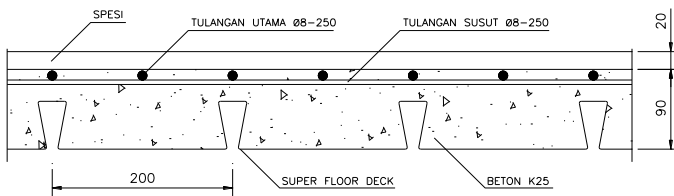
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- $$n = \frac{2,03}{0,503} = 4,039 \text{ Buah}$$

Jarak Antar Tulangan per meter ( s ) :

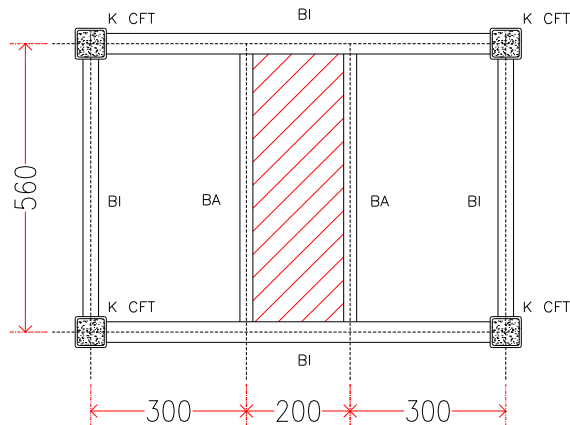
- $$s = \frac{1000}{4,039} = 247,6 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran Ø 8 – 250



**Gambar 4.8** Penulangan Pelat Balroom

#### 4.2.4 Perencanaan Pelat Lantai Hunian



**Gambar 4.9** Pelat Lantai Hunian

Beban Mati ( $q_D$ ) :

- Berat Plafond	=	5	kg/m <sup>2</sup>
- Berat tegel ( $t = 1\text{cm}$ )	=	1 x 24	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Penggantung	=	10	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Ducting dan Plumbing	=	20	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Spesi ( $t = 2\text{cm}$ )	=	2 x 21	kg/m <sup>2</sup>
<hr/>			
$q_D$ Total	=	104	kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup ( $q_L$ ) (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*) :

- Lantai Hunian ( $4,79 \text{ kN/m}^2$ )	=	488,3	kg/m <sup>2</sup>
---	---	-------	-------------------

Beban Berguna :

- $q_U = q_D + q_L$	
= 101 + 488,3	
= 589,28 kg/m <sup>2</sup> $\approx$ 600 kg/m <sup>2</sup>	

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 600 kg/m<sup>2</sup>
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 2.03 cm<sup>2</sup>/m
- Tanpa penyangga

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 8 mm
- $$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ cm}^2$$

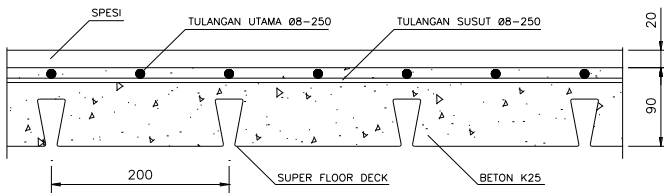
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- $$n = \frac{2,03}{0,503} = 4,039 \text{ Buah}$$

Jarak Antar Tulangan per meter ( s ) :

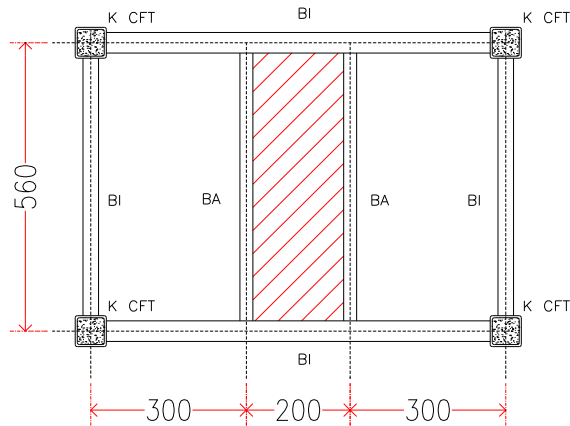
- $$s = \frac{1000}{4,039} = 247,6 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran Ø 8 – 250



**Gambar 4.10** Penulangan Pelat Lantai Hunian

#### 4.2.5 Perencanaan Pelat Lantai Kantor



**Gambar 4.11** Pelat Lantai Kantor

Beban Mati ( $q_D$ ) :

- |                                    |   |               |                 |
|------------------------------------|---|---------------|-----------------|
| - Berat Plafond                    | = | 5             | $\text{kg/m}^2$ |
| - Berat tegel ( $t = 1\text{cm}$ ) | = | $1 \times 24$ | $\text{kg/m}^2$ |
| - Berat Penggantung                | = | 10            | $\text{kg/m}^2$ |
| - Berat Ducting dan Plumbing       | = | 20            | $\text{kg/m}^2$ |
| - Berat Spesi ( $t = 2\text{cm}$ ) | = | $2 \times 21$ | $\text{kg/m}^2$ |

---


$$q_D \text{ Total} = 101 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup ( $q_L$ ) (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*) :

- |   |   |                        |
|---|---|------------------------|
| - Lantai Atas ( $2,40 \text{ kN/m}^2$ ) | = | $244,7 \text{ kg/m}^2$ |
|---|---|------------------------|

Beban Berguna :

- |  |  |
|--|--|
| - $q_U = q_D + q_L$                                  |  |
| = $101 + 244,7$                                      |  |
| = $345,65 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$ |  |

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 400 kg/m<sup>2</sup>
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 1,55 cm<sup>2</sup>/m
- Tanpa penyangga

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 8 mm
- $$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ cm}^2$$

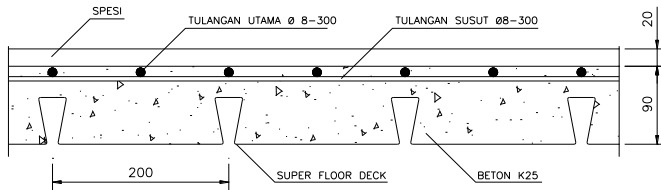
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- $$n = \frac{1,55}{0,503} = 3,084 \text{ Buah}$$

Jarak Antar Tulangan per meter ( s ) :

- $$s = \frac{1000}{3,084} = 324,3 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran Ø 8 – 300



**Gambar 4.12** Penulangan Lantai Kantor

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Perhitungan Tebal dan Tulangan Pelat

No	Bentang Pelat m	Fungsi	Beban Berguna kg/cm <sup>2</sup>	Tebal Pelat cm	Tulangan Negatif
<b>Lantai Atap</b>					
1	2,00	Atap	200	9	Ø 6 - 250
2	2,50	Atap	200	9	Ø 8 - 300
3	3,00	Atap	200	9	Ø 8 - 200
<b>Lantai 15</b>					
1	1,75	Atap	200	9	Ø 6 - 350
2	2,00	Ruang Publik	600	9	Ø 8 - 250
3	2,50	Ruang Publik	600	9	Ø 10 - 250
4	3,00	Ruang Publik	600	12	Ø 10 - 200
<b>Lantai 4 - 14</b>					
1	1,75	Hunian	600	9	Ø 6 - 250
2	2,00	Hunian	600	9	Ø 8 - 300
3	2,50	Hunian	600	9	Ø 8 - 200
4	3,00	Hunian	600	12	Ø 8 - 150
<b>Lantai 2 - 3</b>					
1	1,75	Kantor	400	9	Ø 6 - 250
2	2,00	Kantor	400	9	Ø 8 - 300
3	2,50	Kantor	400	9	Ø 8 - 200
4	3,00	Kantor	400	10	Ø 8 - 150
<b>Lantai MZ 1 - 1b</b>					
1	1,75	Parkiran	500	9	Ø 6 - 200
2	2,00	Parkiran	500	9	Ø 6 - 150
3	2,50	Parkiran	500	9	Ø 8 - 200
4	3,00	Parkiran	500	11	Ø 8 - 150

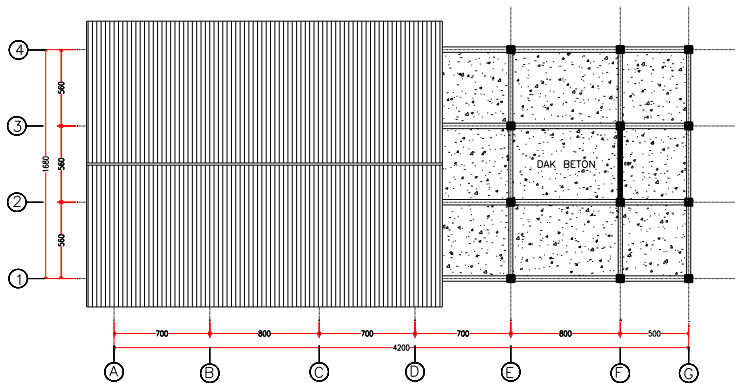
*Keterangan :*

- *Tebal Pelat yang paling besar digunakan sebagai acuan ketebalan pada lantai tersebut untuk mempermudah pemasangannya.*



### 4.3 Perencanaan Atap Rangka Baja

Atap rangka baja direncanakan menggunakan rangka kaku, dengan penutup atap adalah seng gelombang. Atap rangka baja diletakkan di daerah ballroom seperti pada gambar 4.11 sebagai berikut :



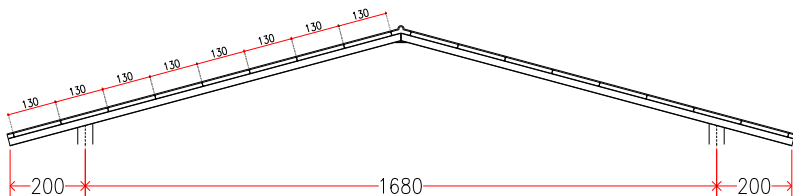
**Gambar 4.13** Posisi Atap Baja Pada Grand Dafam

Direncanakan Penutup Atap dengan menggunakan data sebagai berikut :

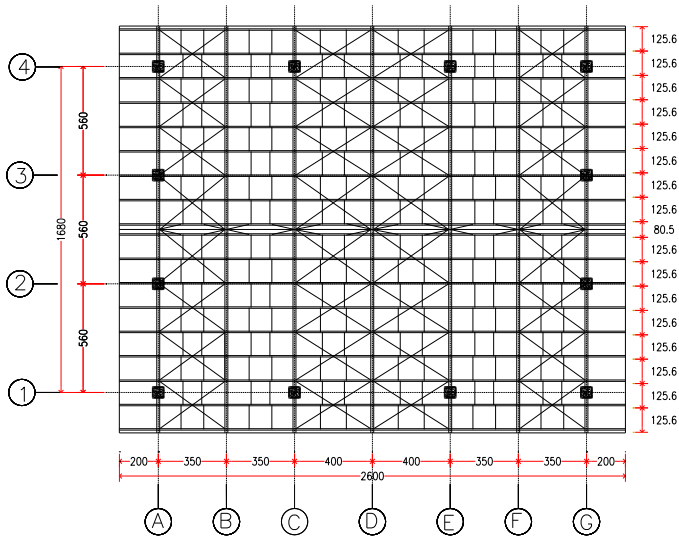
- |                                      |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| - Jenis Penutup Atap                 | = <i>Sarana Roof Deck</i> |
| - Tebal                              | = 0,5 mm                  |
| - Bentang Tengah Max                 | = 1,7 m                   |
| - Bentang Tepi Max                   | = 1,3 m                   |
| - Kantilever Max                     | = 0,3 m                   |
| - Berat                              | = 5 kg/m <sup>2</sup>     |
| - Sudut Kemiringan Atap ( $\alpha$ ) | = 15°                     |
| - Tekanan Angin (w)                  | = 25 kg/m <sup>2</sup>    |

Data Bangunan yang akan di pasang Rangka Atap Baja adalah sebagai berikut :

- Jarak Antar Kolom ( $B_1$ ) = 5,6 m
- Bentang Kuda-Kuda ( $L_y$ ) = 16,8 m
- Sudut atap ( $\alpha$ ) =  $15^\circ$
- Bentang Miring Kuda-Kuda =  $\frac{0,5 \times L_y}{\cos \alpha}$   
 $= \frac{0,5 \times 16,8}{\cos 15^\circ} = 8,7 \text{ m}$
- Jumlah Gording =  $\frac{8,7}{1,3} = 6,69 \approx 7,0 \text{ Buah}$
- Jumlah Gording Total
  - a. 7,0 Buah + 2 Buah = 9,0 Buah
  - b. 9,0 Buah x 2 = 18 Buah
- Jarak Miring Gording ( $b$ ) = 1,30 m
- Jarak Mendatar Gording ( $L_n$ ) = 1,26 m
- Jarak Antar Kuda-Kuda ( $L_x$ )
  - a.  $L_{x1} = 3,5 \text{ m}$
  - b.  $L_{x2} = 4,0 \text{ m}$



**Gambar 4.14** Potongan A - A



**Gambar 4.15** Denah Rangka Atap Baja

Maka, Total Gording pada satu portal adalah 18 buah, dengan jarak antar gording 1,30 meter.

#### 4.3.1 Perencanaan Dimensi Gording

Pada rangka atap baja, direncanakan gording menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7, dengan data sebagai berikut :

d =	100	mm	ix =	3,98	cm
bf =	50	mm	iy =	1,12	cm
tf =	7	mm	Zx =	42	cm <sup>3</sup>
tw =	5	mm	Zy =	9	cm <sup>3</sup>
A =	11,2	cm <sup>2</sup>	Sx =	37,5	cm <sup>3</sup>
w =	9,3	kg/m	Sy =	5,9	cm <sup>3</sup>
Ix =	187	cm <sup>4</sup>	r =	8	cm
Iy =	14,8	cm <sup>4</sup>	h =	70	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh ( $f_y$ ) 250 MPa dan kuat putus ( $f_u$ ) 410 MPa.

Beban yang bekerja :

Beban Mati ( $q_D$ )

- Beban Atap	$5 \text{ kg/m}^2 \times 1,30 \text{ m}$	= 6,5	kg/m
- Berat sendiri profil		= 9,3	kg/m
		= 15,8	kg/m
- Berat Pengikat, dll (10%)		= 1,58	kg/m
		<hr/>	
	$q_D$	= 17,38	kg/m

Beban Hidup ( $q_L$ )

Beban Hidup Terbagi Rata (Hujan)

$$\begin{aligned}
 q_L &= 40 - 0,8 a \leq 20 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 40 - 0,8 15^\circ \leq 20 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 28 \text{ kg/m}^2 \leq 20 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka, diambil beban hujan sebesar  $20 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 q_{LH} &= q_L \times b \\
 &= 20 \text{ kg/m}^2 \times 1,30 \text{ m} = 26,0 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup Terpusat

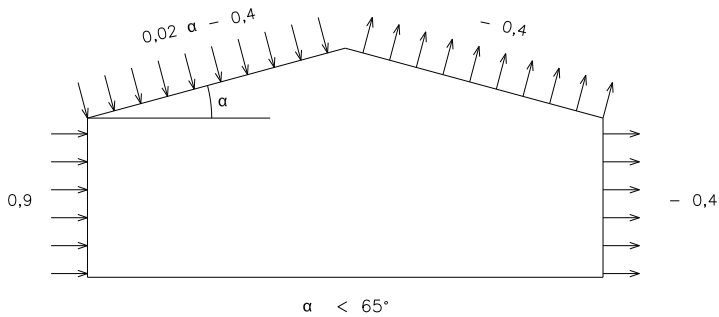
Beban Hidup Terpusat diambil sebesar 100 kg

$$P_L = 100 \text{ kg}$$

Keterangan :

- *Beban Hidup Hujan* PPIUG 1983 pasal 3.2 2a hal 13
- *Beban Hidup Terpusat* PPIUG 1983 pasal 3.2 2b hal 13

### Beban Angin ( $qW$ )



**Gambar 4.16** Koefisien Angin Gedung tertutup ( $\alpha < 65^\circ$ ) pada Tabel 4.1 PPIUG 1983

$$\text{Tekanan Angin } (w) = 25 \text{ kg/m}^2$$

#### Atap Sisi Kiri

$$\begin{aligned} \text{Koef. Angin } C &= 0,02 \alpha - 0,4 \\ &= 0,02 \cdot 15^\circ - 0,4 \\ &= -0,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qW &= c \times w \times b \\ &= -0,1 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,30 \text{ m} \\ &= -3,3 \text{ kg/m} \end{aligned} \quad (\text{Angin Hisap})$$

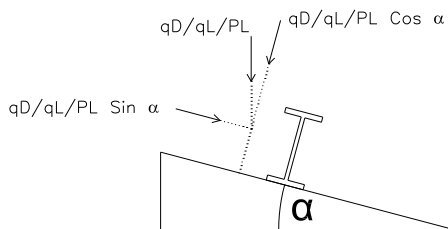
#### Atap Sisi Kanan

$$\begin{aligned} \text{Koef. Angin } C &= -0,4 \\ qW &= c \times w \times b \\ &= -0,4 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,30 \text{ m} \\ &= -13 \text{ kg/m} \end{aligned} \quad (\text{Angin Hisap})$$

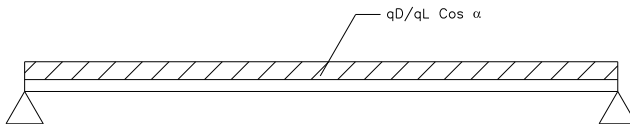
$$\begin{array}{rcl}
 qD & + & qL & > & qW \text{ (Angin Hisap)} \\
 17,38 & + & 26,00 & > & -13 \text{ kg/m} \\
 43,38 \text{ kg/m} & & & > & -13 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

Maka, beban angin hisap tidak diperhitungkan karena beban mati dan beban hidup lebih berat.

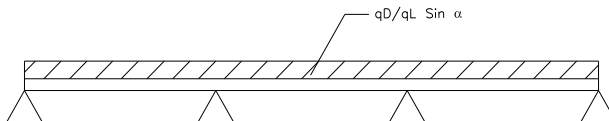
Perhitungan Momen :



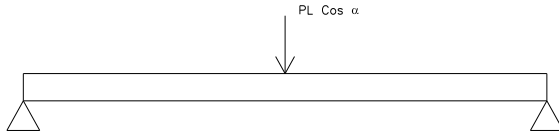
*Arah Pembebanan Pada Gording Atap Baja*



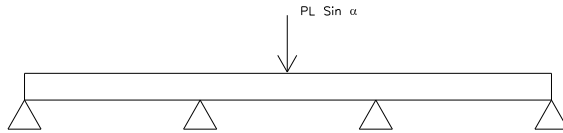
*Pembebanan Merata Arah X*



*Pembebanan Merata Arah Y*



*Pembebanan Terpusat Arah X*



*Pembebanan Terpusat Arah Y*

a. Beban Mati (qD)

$$\begin{aligned} M_{xD} &= \frac{1}{8} \times qD \times \cos \alpha \times L_x^2 = \frac{1}{8} \times 17,38 \times \cos 15^\circ \times 4,0^2 \\ &= 33,58 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{yD} &= \frac{1}{8} \times qD \times \sin \alpha \times \frac{L_y^2}{3} = \frac{1}{8} \times 17,38 \times \sin 15^\circ \times \frac{4,0^2}{3} \\ &= 1,00 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Beban Hidup (qL)

Terpusat

$$\begin{aligned} M_{xL} &= \frac{1}{4} \times PL \times \cos \alpha \times L_x = \frac{1}{4} \times 100 \times \cos 15^\circ \times 4,0 \\ &= 24,15 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{yL} &= \frac{1}{4} \times PL \times \sin \alpha \times \frac{L_y}{3} = \frac{1}{4} \times 100 \times \sin 15^\circ \times \frac{4,0}{3} \\ &= 8,63 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Merata

$$\begin{aligned} MxL &= \frac{1}{4} \times qL \times \cos \alpha \times L_x^2 = \frac{1}{4} \times 26,00 \times \cos 15^\circ \times 4,0^2 \\ &= 50,23 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MyL &= \frac{1}{4} \times qL \times \sin \alpha \times \frac{L_y^2}{3} = \frac{1}{4} \times 26,00 \times \sin 15^\circ \times \frac{4,0^2}{3} \\ &= 1,50 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

## c. Momen Terfaktor (Mu)

$$\begin{aligned} Mux &= 1,2 MxD + 1,6 MxL + 0,5 Mw \\ &= 1,2 \cdot 59,08 + 1,6 \cdot 50,23 + 0,5 \cdot 0 \\ &= 151,26 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= 1,2 MyD + 1,6 MyL + 0,5 Mw \\ &= 1,2 \cdot 1,76 + 1,6 \cdot 1,50 + 0,5 \cdot 0 \\ &= 4,50 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

## d. Geser Ultimate (Vu)

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= 1,2 \cdot 17,38 + 1,6 \cdot 26,00 = 78,3 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$PL = 100 \text{ kg}$$

Maka, perhitungan geser ultimatanya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Vu &= \frac{1}{2} \times \cos \alpha \times qU \times L + \frac{1}{2} \times \cos \alpha \times PL \\ &= \frac{1}{2} \times \cos 15^\circ \times 78,3 \times 4,0 + \frac{1}{2} \times \cos 15^\circ \times 100 \\ &= 168,95 \text{ kg} \end{aligned}$$



Keterangan :

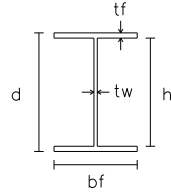
- Pada perhitungan momen digunakan nilai  $L$  yang paling besar dengan asumsi nilai momen semakin besar jika semakin besar nilai  $L$  nya.

### Kontrol Penampang :

#### Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14,00$$

$$\lambda_{pw} = 3,76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76\sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



#### Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{50}{14} = 3,57$$

$$\lambda_{pf} = 0,38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38\sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

### Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$14,00 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$3,57 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

- Kontrol Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

#### Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times F_y \\ &= 42 \times 2500 \\ &= 104488 \text{ kg.cm} = 1004,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times F_y \\ &= 9 \times 2500 \\ &= 21906 \text{ kg.cm} = 219,1 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_{ux} & < & \phi M_{nx} \\ 120,7 & < & 0,9 \times 1004,9 \\ 120,7 & < & 940,39 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} M_{uy} & < & \phi M_{ny} \\ 3,6 & < & 0,9 \times 219,1 \\ 43,6 & < & 197,16 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

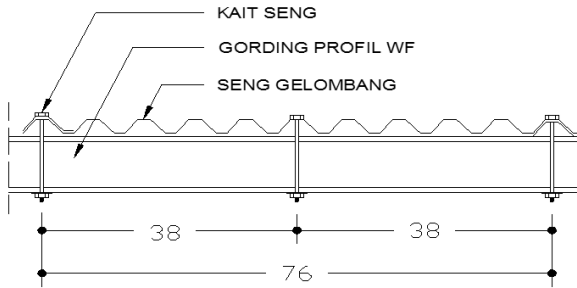
#### *Keterangan :*

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0.9$  *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar shear connector pada gambar 4.15. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 38 \text{ cm}$$



Gambar 4.17 Panjang Antar Shear Connector pada Atap Seng Gelombang

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 1,12 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 55,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 38 < 55,75 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times F_y \\ &= 42 \times 2500 \\ &= 104488 \text{ kg.cm} = 1004,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \times F_y$$

$$= 9 \times 2500$$

$$= 21906 \quad \text{kg.cm} = 219,1 \quad \text{kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \text{Mux} & < & \phi \text{ Mnx} \\ 120,7 & < & 0.9 \times 1004,9 \\ 120,7 & < & 940,39 \quad \text{Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Muy} & < & \phi \text{ Mny} \\ 3,6 & < & 0.9 \times 219,1 \\ 43,6 & < & 197,16 \quad \text{Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### **Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{tw} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} \frac{h}{tw} & \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{70}{5} & \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \end{array}$$

$$14,0 \leq 69,57 ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 11,9 \times 1,0 = 17775 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} V_u & < & \phi V_n \\ 169 & < & 0,9 \times 17775 \\ 169 & < & 15997,5 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Lendutan :**

Gording diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{180}$  , berikut perhitungannya :

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{180} = \frac{400}{180} = 2,22 \text{ cm}$$

*Lendutan Arah X*

*Beban Mati*

$$- f_{x1} = \frac{5 \times qD \times \cos \alpha \times Lx^4}{384 \times E \times I_x}$$

$$= \frac{5 \times 0,174 \times \cos 15^\circ \times 400^4}{384 \times 2000000 \times 187} = 0,150 \text{ cm}$$

Beban Hidup Terpusat

$$\begin{aligned} - \quad f_{x2} &= \frac{1 \times PL \times \cos \alpha \times Lx^3}{48 \times E \times Ix} \\ &= \frac{1 \times 100 \times \cos 15^\circ \times 400^3}{48 \times 2000000 \times 187} = 0,344 \text{ cm} \end{aligned}$$

Beban Hidup Merata

$$\begin{aligned} - \quad f_{x2} &= \frac{5 \times qL \times \cos \alpha \times Lx^4}{384 \times E \times Ix} \\ &= \frac{5 \times 0,260 \times \cos 15^\circ \times 400^4}{384 \times 2000000 \times 187} = 0,224 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka, nilai  $f_x$  sebagai berikut :

$$f_x = 0,150 + 0,344 = 0,494 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} f_x &< f_{\text{maks}} \\ 0,494 &< 2,22 \\ 0,494 &< 2,22 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK} \end{aligned}$$

Lendutan Arah Y

Beban Mati

$$- \quad f_{y1} = \frac{5 \times qD \times \sin \alpha \times \frac{Lx^4}{3}}{384 \times E \times Iy}$$

$$= \frac{5 \times 0,174 \times \sin 15^\circ \times \frac{400^4}{3}}{384 \times 2000000 \times 15} = 0,0063 \text{ cm}$$

Beban Hidup Terpusat

$$\begin{aligned} - \quad f_{y2} &= \frac{1 \times PL \times \sin \alpha \times \frac{Lx^3}{3}}{48 \times E \times I_y} \\ &= \frac{1 \times 100 \times \sin 15^\circ \times \frac{400^3}{3}}{48 \times 2000000 \times 15} = 0,0432 \text{ cm} \end{aligned}$$

Beban Hidup Merata

$$\begin{aligned} - \quad f_{y2} &= \frac{5 \times qL \times \sin \alpha \times \frac{Lx^4}{3}}{384 \times E \times I_y} \\ &= \frac{5 \times 0,260 \times \sin 15^\circ \times \frac{400^4}{3}}{384 \times 2000000 \times 15} = 0,0094 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka, nilai  $f_x$  sebagai berikut :

$$f_y = 0,0063 + 0,0432 = 0,0494 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl} f_x & < & f_{maks} \\ 0,049 & < & 2,22 \\ 0,049 & < & 2,22 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

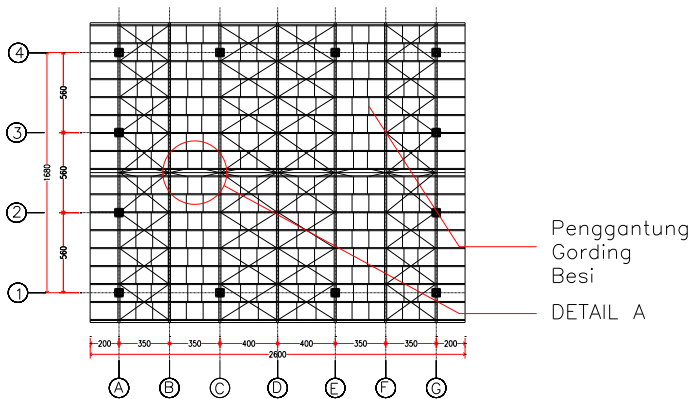
Keterangan :

- $f_{x2}$  dan  $f_{y2}$  (diambil yang terbesar dari beban hidup)

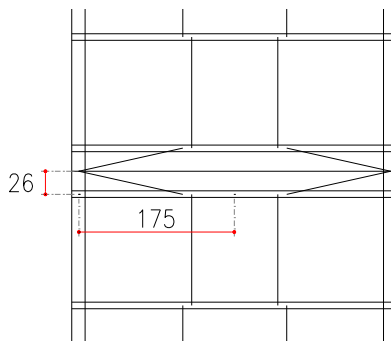
Sehingga Profil WF 100 x 50 x 5 x 7, dapat digunakan sebagai gording pada rangka atap baja.

#### 4.3.2 Perencanaan Dimensi Penggantung Gording

Penggantung Gording direncanakan menggunakan tulangan polos ( $\emptyset$ ) dengan perencanaan pada gambar 4.16 serta dengan perencanaan sebagai berikut :



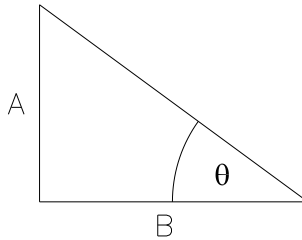
**Gambar 4.18** Penggantung Gording





**Gambar 4.19** Detail A

Maka, perhitungan sudutnya ( $\theta$ ) adalah sebagai berikut :



Keterangan :

- A = 260 mm = 0,26 m
- B = 1750 mm = 1,75 m
- Jumlah Penggantung = 9 Buah

$$\tan \theta = \frac{A}{B} = \frac{0,26}{1,75} = 0,149 \text{ m}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,149 = 8,45^\circ$$

**Perencanaan Pembebanan**

- a. Beban Mati ( $q_D$ ) = 17,38 kg/m
- b. Beban Hidup ( $q_L$ )
  - Beban Merata = 26,00 kg/m
  - Beban Terpusat = 100 kg/m
- c. Pembebanan Arah X
  - $q_D$  Arah X =  $q_D \sin \alpha$   
 =  $17,38 \sin 15^\circ = 4,50 \text{ kg/m}$
  - $q_D$  Terpusat =  $4,50 \text{ kg/m} \times B$   
 =  $4,50 \text{ kg/m} \times 1,75 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 &= 7,87 \text{ kg} \\
 - \text{ qL Terpusat} &= P \sin \alpha \\
 &= 100 \sin 15^\circ = 25,88 \text{ kg} \\
 \\ 
 - \text{ qL Merata Arah X} &= qL \sin \alpha \\
 &= 26,00 \sin 15^\circ = 6,73 \text{ kg/m} \\
 \text{qL Terpusat} &= 6,73 \text{ kg/m} \times B \\
 &= 6,73 \text{ kg/m} \times 1,75 \text{ m} \\
 &= 11,78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Beban Ultimate (Pu)

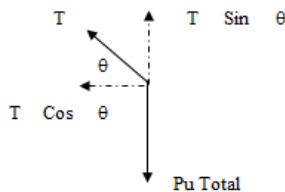
$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \cdot 7,87 + 1,6 \cdot 25,88 = 50,86 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ Total} &= P_u \times \text{Jumlah Penggantung Gording} \\
 &= 50,86 \text{ kg} \times 9 \\
 &= 457,72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Nilai  $q_L$  diambil yang terbesar dari  $q_L$  merata dan Terpusat

e. Gaya Tarik Pada Penggantung Gording Pertama



Gambar 4.20 Arah Gaya Tarik Pada Penggantung Gording

$$- \quad T = \frac{Pu \text{ Total}}{\sin \theta} = \frac{457,72}{0,147} = 3114,6 \text{ kg}$$

### **Kontrol Batang Tarik Penggantung Gording**

Dari perhitungan diatas didapatkan data sebagai berikut :

$$- \quad Pu = T = 3114,6 \text{ kg} \\ = 31146 \text{ N}$$

$$- \quad \emptyset = 16 \text{ mm}$$

#### **a. Kondisi Leleh Tarik**

$$Ag = 0,25 \times \emptyset^2 \\ = 0,25 \times 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$Pn = Fy \times Ag \\ = 250 \text{ N/mm}^2 \times 201,062 \text{ mm}^2 \\ = 50265,5 \text{ N}$$

#### Cek Persyarat Desain

$$\begin{array}{rclcl} Pu & < & \emptyset Pn & & \\ 31146 & < & 0,9 \times 50265,5 & & \\ 31146 & < & 45238,9 \text{ N} & \longrightarrow & \dots OK \end{array}$$

#### **b. Kondisi Runtuh Tarik**

$$Ae = An \times U \\ = 201,062 \times 1 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$Pn = Fu \times An \\ = 410 \text{ N/mm}^2 \times 201,062 \text{ mm}^2 \\ = 82435,4 \text{ N}$$

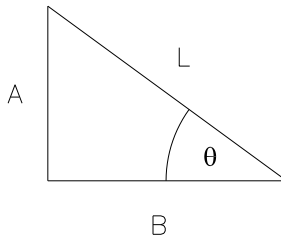
### Cek Persyarat Desain

$$\begin{array}{rclcl}
 P_u & < & \phi P_n & & \\
 31146 & < & 0.9 \times 82435,4 & & \\
 31146 & < & 74191,9 \text{ N} & \longrightarrow & \dots OK
 \end{array}$$

*Keterangan :*

- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $A_n = A_g$  (Pasal B4.3 ayat 3b SNI 1729:2015)
- $U = 1$  (Pada Tabel D3.1 SNI 1729:2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

### c. Kontrol Kelangsingan



*Keterangan :*

- Tinggi (A) = 260 mm = 26 cm
- Lebar (B) = 1750 mm = 175 cm
- Jari – jari Girasi (r) = 16 mm = 1,6 cm

Panjang Penggantungan Gording (L)

$$- L = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{26^2 + 175^2} = 176,92 \text{ cm}$$

Cek Kelangsingan

$$\frac{L}{r} \leq 500$$

$$\frac{176,92}{1,6} \leq 500$$

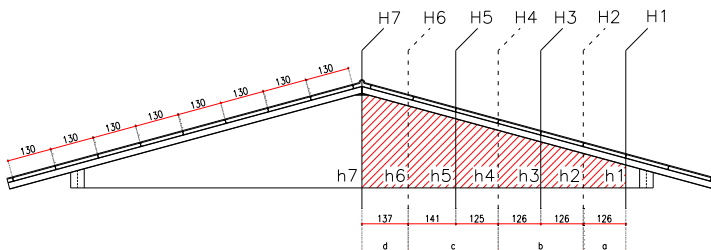
$$110,58 \leq 500 \rightarrow \text{..... OK}$$

Maka, penggantung Gording dengan diameter ( $\emptyset$ ) 16 mm dapat digunakan sebagai penggantung gording.

#### 4.3.3 Perencanaan Ikatan Angin

Ikatan angin pada atap rangka baja direncanakan dengan data perencanaan sebagai berikut :

- a. Jarak Antar Kuda – Kuda
  - $L_1 = 3,5$  m
  - $L_2 = 4,0$  m
- b. Tekanan Angin = 25 kg/m<sup>2</sup>
- c. Mutu Baja BJ 41 :
  - $F_y = 250$  MPa
  - $F_u = 410$  MPa



**Gambar 4.21** Jarak Antara Ikatan Angin

➤	H1 – H2	=	1,26	m
➤	H2 – H3	=	1,26	m
➤	H3 – H4	=	1,26	m
➤	H4 – H5	=	1,25	m
➤	H5 – H6	=	1,41	m
➤	H6 – H7	=	1,37	m
➤	a	=	1,26	m
➤	b	=	2,52	m
➤	c	=	2,66	m
➤	d	=	1,37	m

Pembebanan Ikatan Angin :

- Tekanan Angin (w) = 25 kg/m<sup>2</sup>
- Koef. Angin (c) = 0,9
- Sudut Atap ( $\alpha$ ) = 15°

- Tinggi Bidang

$$\begin{aligned}
 h1 &= 0,66 \text{ m} &= 0,66 \text{ m} \\
 h2 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) &= 1,00 \text{ m} \\
 h3 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) &= 1,34 \text{ m} \\
 h4 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) &= 1,68 \text{ m} \\
 h5 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) &= 2,01 \text{ m} \\
 h6 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) &= 2,39 \text{ m} \\
 h7 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) &= 2,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Luasan Bidang

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{h1 + h2}{2} \times a = \frac{0,66 + 1,00}{2} \times 1,26 \\
 &= 1,048 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$A_2 = \frac{h_2 + h_4}{2} \times b = \frac{1,00 + 1,68}{2} \times 2,52 \\ = 3,372 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \frac{h_4 + h_6}{2} \times c = \frac{1,68 + 2,39}{2} \times 2,66 \\ = 5,406 \text{ m}^2$$

$$A_4 = \frac{h_6 + h_7}{2} \times d = \frac{2,39 + 2,76}{2} \times 1,37 \\ = 3,524 \text{ m}^2$$

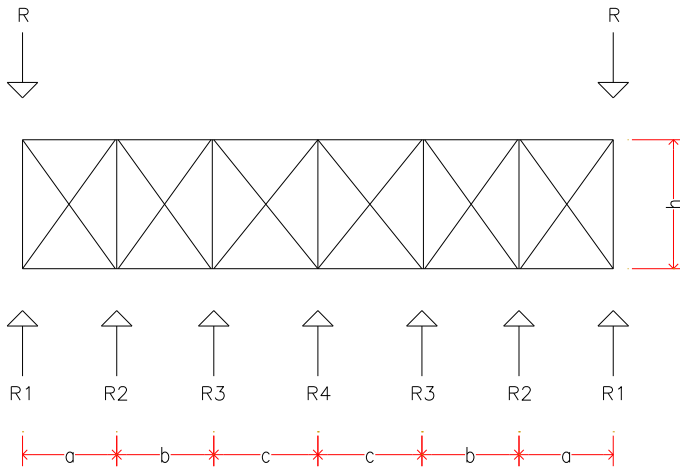
- Gaya yang Bekerja

$$R_1 = 0,5 \times c \times w \times A_1 = 0,5 \times 0,9 \times 25 \times 1,05 \\ = 11,791 \text{ kg}$$

$$R_2 = 0,5 \times c \times w \times A_2 = 0,5 \times 0,9 \times 25 \times 3,37 \\ = 37,939 \text{ kg}$$

$$R_3 = 0,5 \times c \times w \times A_3 = 0,5 \times 0,9 \times 25 \times 5,41 \\ = 60,814 \text{ kg}$$

$$R_4 = 0,5 \times c \times w \times A_4 = 0,5 \times 0,9 \times 25 \times 3,52 \\ = 39,643 \text{ kg}$$



**Gambar 4.22** Letak Beban pada Ikatan Angin

- Perhitungan Nilai (R)

$$\sum V = 0$$

$$0 = -R + R1 + R2 + R3 + (R4/2)$$

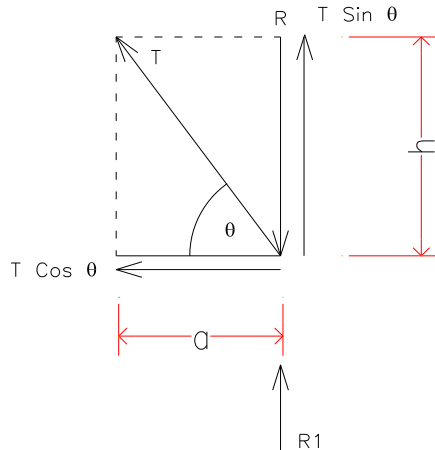
$$R = R1 + R2 + R3 + (R4/2)$$

$$= 11,791 + 37,939 + 60,814 + (39,643/2)$$

$$= 130,365 \text{ kg}$$



- Gaya Tarik pada Ikatan Angin (T)



Keterangan :

- $h = 4,00 \text{ m}$
- $a = 2,52 \text{ m}$

$$\tan \theta = \frac{a}{h} = \frac{2,52}{4,00} = 0,63 \text{ m}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,63 = 32,2^\circ$$

Maka nilai gaya tariknya dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$T = \frac{R - R_1}{\sin \theta} = \frac{130,365 - 11,791}{\sin 15^\circ} = 225,45 \text{ kg}$$

### Kontrol Batang Tarik Ikatan Angin

Dari perhitungan diatas didapatkan data sebagai berikut :

- $P_u = T = 222,45 \text{ kg}$   
 $= 2224,5 \text{ N}$
- $\emptyset = 16 \text{ mm}$

#### a. Kondisi Leleh Tarik

$$A_g = 0,25 \times \emptyset^2$$

$$= 0,25 \times 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$P_n = F_y \times A_g$$

$$= 250 \text{ N/mm}^2 \times 201,062 \text{ mm}^2$$

$$= 50265,5 \text{ N}$$

#### Cek Persyarat Desain

$$P_u < \emptyset P_n$$

$$2224,5 < 0,9 \times 50265,5$$

$$2224,5 < 45238,9 \text{ N} \longrightarrow \text{.....OK}$$

#### b. Kondisi Runtuh Tarik

$$A_e = A_n \times U$$

$$= 201,062 \times 1 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$P_n = F_u \times A_n$$

$$= 410 \text{ N/mm}^2 \times 201,062 \text{ mm}^2$$

$$= 82435,4 \text{ N}$$

#### Cek Persyarat Desain

$$P_u < \emptyset P_n$$

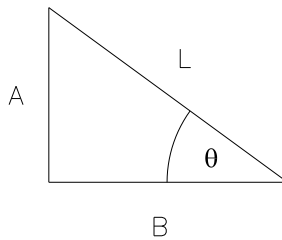
$$2224,5 < 0,9 \times 82435,4$$

$$2224,5 < 74191,9 \text{ N} \longrightarrow \text{.....OK}$$

*Keterangan :*

- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $An = Ag$  (Pasal B4.3 ayat 3b SNI 1729:2015)
- $U = 1$  (Pada Tabel D3.1 SNI 1729:2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

### c. Kontrol Kelangsingan



*Keterangan :*

- Tinggi (A) = 4,00 m = 400 cm
- Lebar (B) = 2,52 m = 252 cm
- Jari – jari Girasi (r) = 16 mm = 1,6 cm

Panjang Ikatan Angin (L)

$$- L = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{400^2 + 252^2} = 476,76 \text{ cm}$$

Cek Kelangsingan

$$\frac{L}{r} \leq 500$$

$$\frac{472,8}{1,6} \leq 500$$

$$295,48 \leq 500 \rightarrow \dots OK$$

Maka, ikatan angin dengan diameter ( $\emptyset$ ) 16 mm dapat digunakan sebagai ikatan angin.

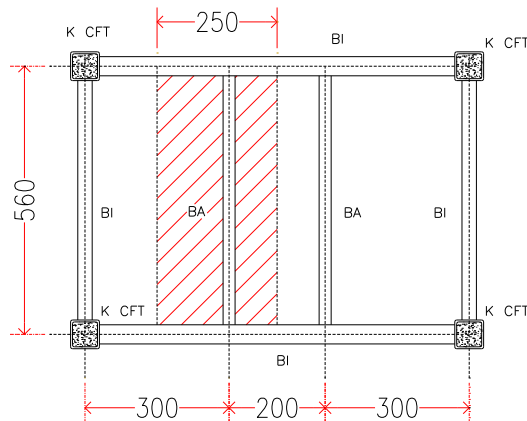
#### 4.4 Perencanaan Balok Anak

##### 4.4.1 Perencanaan Balok Anak Atap

Pada lantai atap, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 250 x 175 x 7 x 11, dengan data profil sebagai berikut :

d =	244	mm	ix =	10.4	cm
bf =	175	mm	iy =	4.18	cm
tf =	11	mm	Zx =	535	cm <sup>3</sup>
tw =	7	mm	Zy =	168	cm <sup>3</sup>
A =	56,2	cm <sup>2</sup>	Sx =	502	cm <sup>3</sup>
w =	44.1	kg/m	Sy =	113	cm <sup>3</sup>
Ix =	6120	cm <sup>4</sup>	r =	16	cm
Iy =	984	cm <sup>4</sup>	h =	190	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh ( $f_y$ ) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



**Gambar 4.23** Denah Balok Anak Lantai Atap

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati ( $q_D$ ) :

- Beban Mati Pelat Lantai = 77 kg/m<sup>2</sup>

- Berat Bondex	= 10,1 kg/m <sup>2</sup>
- Berat Pelat Beton	$0.09 \times 2400 \text{ kg/m}^2 = 216 \text{ kg/m}^2$
	$qD_1 = 303,1 \text{ kg/m}^2$
- Beban Mati Merata	
$qD_1 \times L_y = 303,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m}$	= 757,8 kg/m
- Berat Profil	<u>= 44.1 kg/m</u>
$qD \text{ Total}$	= 801,9 kg/m

maka, nilai  $qD \text{ Total}$  adalah 765,3 kg/m

Beban Hidup ( $qL$ ) (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*) :

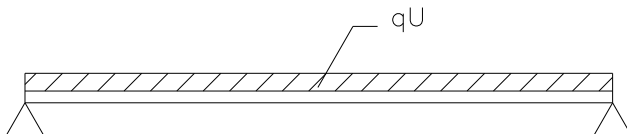
- Berat Lantai Atap	
$97,86 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m}$	= 244.7 kg/m

Maka, nilai  $qL$  adalah 244.7 kg/m

Beban Terfaktor ( $qU$ )

- $qU = 1.2 qD + 1.6 qL$	
$= 1.2 \times 801,9 + 1.6 \times 244,7$	= 1353,7 kg/m

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen ( $M_u$ ) :

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1353,7 \times 5.6^2 \\
 &= 5306,3 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya Geser ( $V_u$ ) :

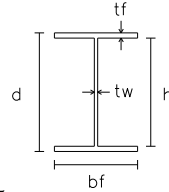
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 1353,7 \times 5,6 \\ &= 3790,2 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

**Kontrol Penampang :**

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{244}{7} = 34,86$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 34,86 &< 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &< \lambda_{pf} \\ 7,95 &< 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

#### Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 535 \times 2500 \\ &= 1336930 \text{ kg.cm} = 13369.3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} \mu & < & \phi M_n \\ 5306,3 & < & 0.9 \times 13369.3 \\ 5306,3 & < & 12032.37 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

#### *Keterangan :*

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,18 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 208,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 208,08 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$



Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 535 \times 2500 \\ &= 1336930 \text{ kg.cm} = 13369.3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 5306,3 & < & 0.9 \times 13369.3 \\ 5306,3 & < & 12032.37 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{190}{7} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$27,1 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 17,1 \times 1,0 = 25620 \text{ kg}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$V_u < \phi V_n$$

$$3790,2 < 0,9 \times 25620$$

$$3790,2 < 23058 \text{ Kg} \rightarrow \dots OK$$

*Keterangan :*

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Lendutan :**

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$  , berikut perhitungannya :

$$- f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{10,47 \times 560^4}{2000000 \times 6120} = 1,09 \text{ cm}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1,556 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{maks} \\
 1,09 & < & 1,556 \\
 1,09 & < & 1,556 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK}
 \end{array}$$

Sehingga Profil WF 250 x 175 x 7 x 11, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap.

**4.4.2 Perencanaan Balok Anak Parkir**

Pada lantai parkir, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data profil sebagai berikut :

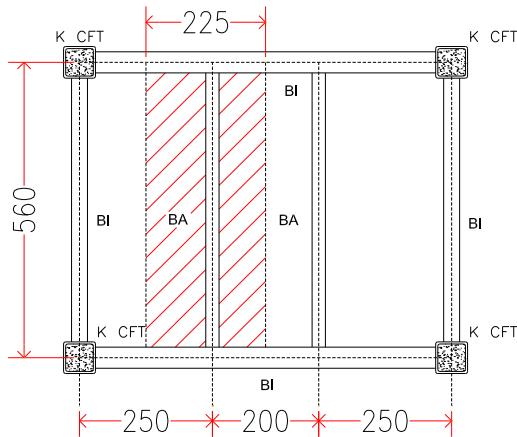
d =	294	mm	ix =	12,49	cm
bf =	200	mm	iy =	4,7	cm
tf =	12	mm	Zx =	823	cm <sup>3</sup>
tw =	8	mm	Zy =	240	cm <sup>3</sup>
A =	72,4	cm <sup>2</sup>	Sx =	769	cm <sup>3</sup>
w =	56,8	kg/m	Sy =	160	cm <sup>3</sup>
Ix =	11300	cm <sup>4</sup>	r =	18	cm
Iy =	1600	cm <sup>4</sup>	h =	234	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (fy) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (qD) :

- Beban Mati Pelat Lantai	=	100	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Pelat Beton 0,11 x 2400 kg/m <sup>2</sup>	=	264	kg/m <sup>2</sup>
qD <sub>1</sub>	=	374,1	kg/m <sup>2</sup>



**Gambar 4.24** Denah Balok Anak Parkir

- Beban Mati Merata

$$q_{D1} \times L_y = 374,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,25 \text{ m} = 841,7 \text{ kg/m}$$

- Berat Profil

$$= 56,8 \text{ kg/m}$$

$$q_D \text{ Total} = 898,6 \text{ kg/m}$$

maka, nilai  $q_D$  Total adalah 898,6 kg/m

Beban Hidup ( $q_L$ ) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Berat Lantai Parkir

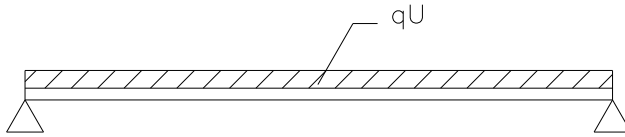
$$400 \text{ kg/m}^2 \times 2,25 \text{ m} = 900 \text{ kg/m}$$

Maka, nilai  $q_L$  adalah 900 kg/m

Beban Terfaktor ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} - q_U &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\ &= 1.2 \times 898,6 + 1.6 \times 900 = 2518,3 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen ( $M_u$ ) :

$$M_u = \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2518,3 \times 5,0^2$$

$$= 7869,5 \quad \text{kg.m}$$

Gaya Geser ( $V_u$ ) :

$$V_u = \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 2518,3 \times 5,0$$

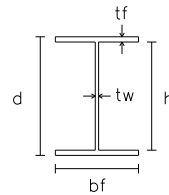
$$= 6295,6 \quad \text{kg}$$

**Kontrol Penampang :**

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{294}{8} = 36,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

### Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$36,75 < 106,35 \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

### **Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :**

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

### Penampang Kompak :

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y$$

$$= 823 \times 2500$$

$$= 2056500 \text{ kg.cm} = 20565,0 \text{ kg.m}$$

### Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$7869,5 < 0,9 \times 20565,0$$

$$7869,5 < 18508,5 \text{ Kg.m} \longrightarrow \dots OK$$

Keterangan :

- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,7 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 233,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 233,97 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 823 \times 2500 \\ &= 2056500 \text{ kg.cm} = 20565,0 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu_u & < & \phi M_n \\ 7869,5 & < & 0,9 \times 20565,0 \\ 7869,5 & < & 18508,5 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{tw} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{234}{8} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 29,3 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 23,5 \times 1,0 = 35280 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Cek Persyaratan Desain**

$$\begin{array}{lll} V_u & < & \phi V_n \\ 6295,6 & < & 0,9 \times 35280 \\ 6295,6 & < & 31752 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

***Keterangan :***

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)



**Kontrol Lendutan :**

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$ , berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{17,986 \times 500^4}{2000000 \times 11300} = 0,65 \text{ cm} \\
 - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1,389 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

**Cek Persyaratan Desain**

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 0,65 & < & 1,389 \\
 0,65 & < & 1,389 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

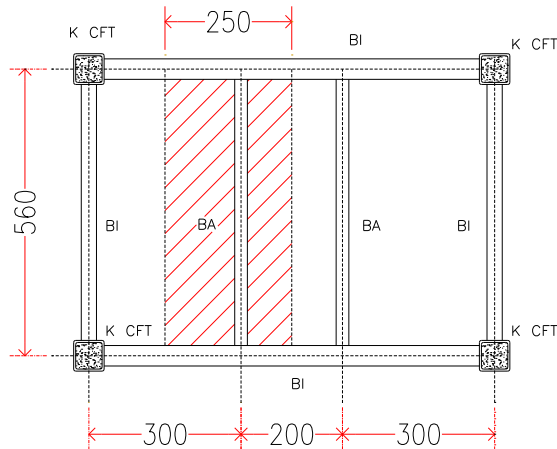
Sehingga Profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai Parkir.

#### 4.4.3 Perencanaan Balok Anak Balroom

Pada lantai balroom, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data profil sebagai berikut :

$d =$	294	mm	$i_x =$	12,49	cm
$bf =$	200	mm	$i_y =$	4,7	cm
$tf =$	12	mm	$Z_x =$	823	cm <sup>3</sup>
$tw =$	8	mm	$Z_y =$	240	cm <sup>3</sup>
$A =$	72,4	cm <sup>2</sup>	$S_x =$	769	cm <sup>3</sup>
$w =$	56,8	kg/m	$S_y =$	160	cm <sup>3</sup>
$I_x =$	11300	cm <sup>4</sup>	$r =$	18	cm
$I_y =$	1600	cm <sup>4</sup>	$h =$	234	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh ( $f_y$ ) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



**Gambar 4.25** Denah Balok Anak Lantai Balroom

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati ( $q_D$ ) :

- Beban Mati Pelat Lantai = 101 kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Bondex} & & = 10,1 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{- Berat Pelat Beton } 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^2 & & = 288 \text{ kg/m}^2 \\
 & & qD_1 & = 399,1 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{- Beban Mati Merata} & & \\
 & qD_1 \times L_y = 399,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} & & = 997,75 \text{ kg/m} \\
 & \text{- Berat Profil} & & = 56,8 \text{ kg/m} \\
 & & qD \text{ Total} & = 1054,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

maka, nilai  $qD$  Total adalah 1062,1 kg/m

Beban Hidup ( $qL$ ) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

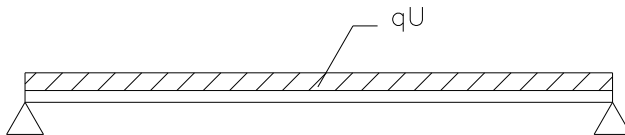
$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Lantai Balroom} \\
 & 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} & & = 1220,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Maka, nilai  $qL$  adalah 1220,7 kg/m

Beban Terfaktor ( $qU$ )

$$\begin{aligned}
 & \text{- } qU = 1.2 qD + 1.6 qL \\
 & = 1.2 \times 1054,6 + 1.6 \times 1220,7 & & = 3218,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen ( $M_u$ ) :

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3218,6 \times 5,6^2 \\
 &= 12616,9 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya Geser ( $V_u$ ) :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 3218,6 \times 5,6 \\ &= 9012,1 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

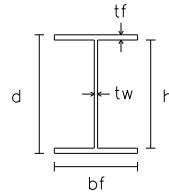
$$\frac{h}{tw} = \frac{294}{8} = 36,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$



Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 36,75 &< 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &< \lambda_{pf} \\ 8,33 &< 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :**

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 823 \times 2500 \\ &= 2056500 \text{ kg.cm} = 20565 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 12616,9 & < & 0.9 \times 20565 \\ 12616,9 & < & 18508,5 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,7 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 233,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 233,97 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 823 \times 2500 \\ &= 12056500 \text{ kg.cm} = 20565 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 12616,9 & < & 0,9 \times 20565 \\ 12616,9 & < & 18508,5 \text{ Kg.m} \rightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{234}{8} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$29,3 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 23,5 \times 1,0 = 35280 \quad \text{kg}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$V_u < \phi V_n$$

$$9012,1 < 0,9 \times 35280$$

$$9012,1 < 31752 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK}$$

#### *Keterangan :*

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Lendutan :**

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$  , berikut perhitungannya :

$$- f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{22,753 \times 560^4}{2000000 \times 11300} = 1,29 \quad \text{cm}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1,556 \text{ cm}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl} f & < & f_{\text{maks}} \\ 1,29 & < & 1,556 \\ 1,29 & < & 1,556 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Sehingga Profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai balroom.

#### **4.4.4 Perencanaan Balok Anak Lantai Hunian**

Pada lantai hunian, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data profil sebagai berikut :

d =	294	mm	ix =	12,49	cm
bf =	200	mm	iy =	4,7	cm
tf =	12	mm	Zx =	823	cm <sup>3</sup>
tw =	8	mm	Zy =	240	cm <sup>3</sup>
A =	72,4	cm <sup>2</sup>	Sx =	769	cm <sup>3</sup>
w =	56,8	kg/m	Sy =	160	cm <sup>3</sup>
Ix =	11300	cm <sup>4</sup>	r =	18	cm
Iy =	1600	cm <sup>4</sup>	h =	234	cm

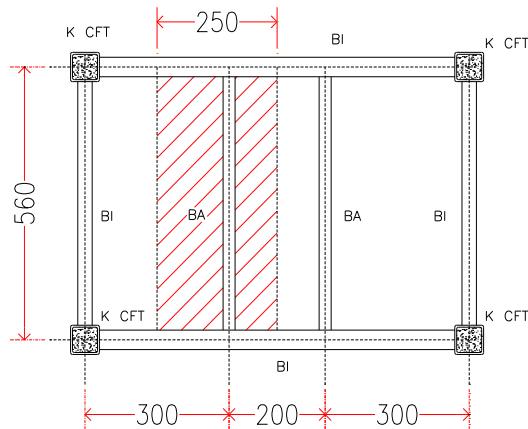
Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (fy) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (qD) :

$$\begin{array}{rcl} - \text{Beban Mati Pelat Lantai} & = & 101 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat Bondex} & = & 10,1 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat Pelat Beton } 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^2 & = & 288 \text{ kg/m}^2 \\ \hline qD_1 & = & 399,1 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$





**Gambar 4.26** Denah Balok Anak Lantai Hunian

- Beban Mati Merata

$$q_{D1} \times L_y = 399.1 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 997,35 \text{ kg/m}$$

- Berat Profil

$$= 56,8 \text{ kg/m}$$

$$q_{D \text{ Total}} = 1054,6 \text{ kg/m}$$

maka, nilai  $q_{D \text{ Total}}$  adalah 1062,1 kg/m

Beban Hidup ( $q_L$ ) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Berat Lantai Balroom

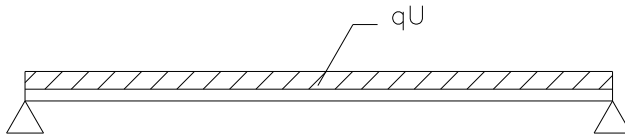
$$488,28 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 1220,7 \text{ kg/m}$$

Maka, nilai  $q_L$  adalah 1220,7 kg/m

Beban Terfaktor ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} - q_U &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\ &= 1.2 \times 1054,6 + 1.6 \times 1220,7 = 3218,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen ( $M_u$ ) :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3218,6 \times 5,6^2 \\ &= 12616,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Gaya Geser ( $V_u$ ) :

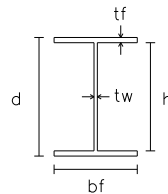
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 3218,9 \times 5,6 \\ &= 9012,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Kontrol Penampang :**

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{294}{8} = 36,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$36,75 < 106,35 \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :**

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y$$

$$= 823 \times 2500$$

$$= 2056500 \text{ kg.cm} = 20565 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$12616,9 < 0,9 \times 20565$$

$$12616,9 < 18508,5 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK$$

Keterangan :

- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### **Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitunganya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,7 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 233,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 233,97 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelehan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 823 \times 2500 \\ &= 12056500 \text{ kg.cm} = 20565 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} \mu < \phi M_n & & \\ 12616,9 < 0,9 \times 20565 & & \\ 12616,9 < 18508,5 \text{ Kg.m} & \longrightarrow & \text{.....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{234}{8} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 29,3 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 23,5 \times 1,0 = 35280 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

**Cek Persyaratan Desain**

$V_u$	<	$\phi V_n$
9012,1	<	$0,9 \times 35280$
9012,1	<	31752 Kg $\rightarrow$ .....OK

**Keterangan :**

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Lendutan :**

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$ , berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{22,753 \times 560^4}{2000000 \times 11300} = 1,29 \text{ cm} \\
 - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1,556 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

**Cek Persyaratan Desain**

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 1,29 & < & 1,556 \\
 1,29 & < & 1,556 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

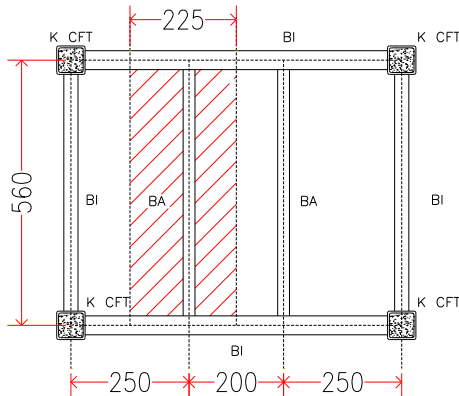
Sehingga Profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai hunian.

#### 4.4.5 Perencanaan Balok Anak Kantor

Pada lantai hunian, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9, dengan data profil sebagai berikut :

d =	300	mm	ix =	12,4	cm
bf =	150	mm	iy =	3,29	cm
tf =	9	mm	Zx =	522	cm <sup>3</sup>
tw =	6,5	mm	Zy =	101	cm <sup>3</sup>
A =	46,8	cm <sup>2</sup>	Sx =	481	cm <sup>3</sup>
w =	36,7	kg/m	Sy =	68	cm <sup>3</sup>
Ix =	7210	cm <sup>4</sup>	r =	13	cm
Iy =	508	cm <sup>4</sup>	h =	256	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh ( $f_y$ ) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



**Gambar 4.27** Denah Balok Anak Lantai Kantor

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati ( $q_D$ ) :

- Beban Mati Pelat Lantai = 101 kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Bondex} & = 10,1 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{- Berat Pelat Beton} & 0,10 \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\
 & & \quad \quad \quad qD_1 & = \frac{240}{351,1} \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{- Beban Mati Merata} & \\
 & \quad qD_1 \times L_y & = 351,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,25 \text{ m} & = 789,98 \text{ kg/m} \\
 & \text{- Berat Profil} & = 36,7 \text{ kg/m} \\
 & & \quad \quad \quad qD \text{ Total} & = 826,68 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

maka, nilai  $qD$  Total adalah 826,68 kg/m

Beban Hidup ( $qL$ ) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

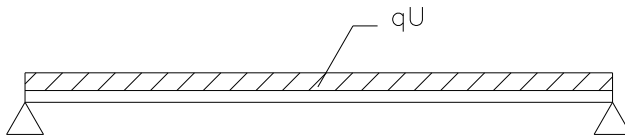
$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Lantai Hunian} \\
 & \quad 244,65 \text{ kg/m}^2 \times 2,25 \text{ m} & = 550,46 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Maka, nilai  $qL$  adalah 440,37 kg/m

Beban Terfaktor ( $qU$ )

$$\begin{aligned}
 & \text{- } qU = 1,2 qD + 1,6 qL \\
 & \quad = 1,2 \times 826,68 + 1,6 \times 550,46 & = 1872,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen ( $M_u$ ) :

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1872,7 \times 5,6^2 \\
 &= 7341,2 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$



Gaya Geser ( $V_u$ ) :

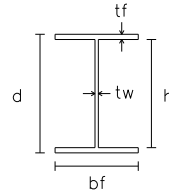
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 1872,7 \times 5,6 \\ &= 5243,7 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

**Kontrol Penampang :**

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6} = 39,38$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{18} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 36,75 &< 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &< \lambda_{pf} \\ 8,33 &< 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

#### Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 522 \times 2500 \\ &= 1305191 \text{ kg.cm} = 13051,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu < \phi M_n \\ 7435,8 < 0,9 \times 13051,9 \\ 7435,8 < 11746,72 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

#### *Keterangan :*

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,7 \times \sqrt{\frac{20000000}{2500}} = 233,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 233,97 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 522 \times 2500 \\ &= 1305191 \text{ kg.cm} = 13051,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 7435,8 & < & 0,9 \times 13051,9 \\ 7435,8 & < & 11746,72 \text{ kg.m} \rightarrow \dots OK \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} \frac{h}{t_w} & \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{256}{6,5} & \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \end{array}$$

$$29,3 \leq 69,57 ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 19,5 \times 1,0 = 29250 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} V_u & < & \phi V_n \\ 5311,3 & < & 0,9 \times 29250 \\ 5311,3 & < & 26325 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Lendutan :**

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$  , berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{13,77 \times 560^4}{2000000 \times 7210} = 1,22 \text{ cm} \\ - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1,556 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 1,22 & < & 1,556 \\
 1,22 & < & 1,556 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

Sehingga Profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai kantor.

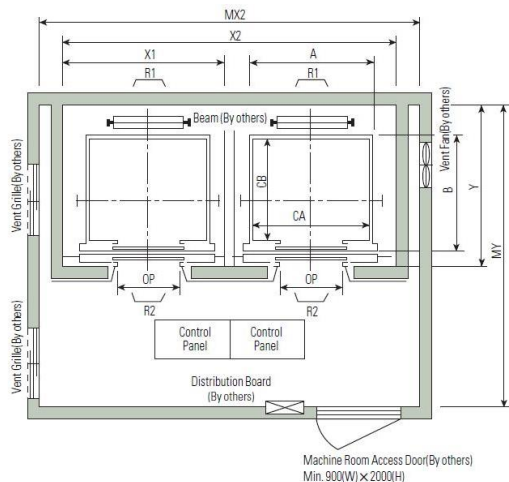
**Tabel 4.2** Rekapitulasi Profil WF pada Balok Anak

No	Bentang Pelat (m)		Fungsi	qU kg/m	Mu kg.m	Vu kg	f <sub>maks</sub> cm	φ Mn kg.m	φ Vn kg	f cm	Kontrol			Profil Yang Dipakai
	Ly	Lx									Momen	Geser	Lendutan	
LANTAI ATAP														
1	5,60	2,50	Atap	1353,66	5306,34	3790,24	1,56	13369,30	75870,00	1,09	OK	OK	OK	WF 250.175.7.11
2	5,60	2,25	Atap	1223,58	4796,45	3426,03	1,56	13369,30	75870,00	0,99	OK	OK	OK	WF 250.175.7.11
3	5,60	1,75	Atap	963,44	3776,67	2697,62	1,56	13369,30	75870,00	0,78	OK	OK	OK	WF 250.175.7.11
LANTAI 15														
1	5,60	2,50	Ruang Publik	3218,57	12616,79	9011,99	1,56	20565,00	97740,00	1,29	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
2	5,60	2,25	Ruang Publik	2903,53	11381,83	8129,88	1,56	20565,00	97740,00	1,16	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
3	5,60	1,75	Ruang Publik	2273,45	8911,91	6365,65	1,56	20565,00	97740,00	0,91	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
LANTAI 4 - 14														
1	5,60	2,50	Hunian	3218,57	12616,79	9011,99	1,56	20565,00	97740,00	1,29	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
2	5,60	2,25	Hunian	2903,53	11381,83	8129,88	1,56	20565,00	97740,00	1,16	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
3	5,60	1,75	Hunian	2273,45	8911,91	6365,65	1,56	20565,00	97740,00	0,91	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
LANTAI 2 - 3														
1	5,60	2,50	Kantor	2075,93	8137,66	5812,61	1,56	13051,91	97740,00	1,36	OK	OK	OK	WF 300.150.6.5.9
2	5,60	2,25	Kantor	1872,74	7341,16	5243,68	1,56	13051,91	97740,00	1,22	OK	OK	OK	WF 300.150.6.5.9
3	5,60	1,75	Kantor	1466,37	5748,15	4105,82	1,56	13051,91	97740,00	0,96	OK	OK	OK	WF 300.150.6.5.9
LANTAI MZ 1 - 1b														
1	5,60	2,50	Parkir	2790,46	10938,60	7813,29	1,56	20565,00	97740,00	1,13	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
2	5,60	2,25	Parkir	2518,23	9871,46	7051,04	1,56	20565,00	97740,00	1,02	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
3	5,60	1,75	Parkir	1973,77	7737,18	5526,56	1,56	20565,00	97740,00	0,80	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
4	5,00	2,25	Parkir	2518,23	7869,47	6295,58	1,39	20565,00	97740,00	0,65	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
5	5,00	1,75	Parkir	1973,77	6168,03	4934,43	1,39	20565,00	97740,00	0,51	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12

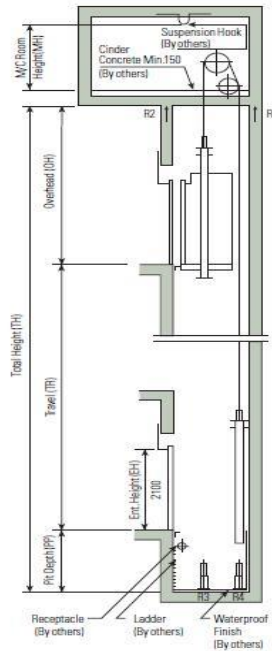
#### 4.5 Perencanaan Balok *Lift*

Pada perencanaan balok *lift* meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift*. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur *lift*) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 24 Orang /1600 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 1100 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 2 Car : 5200 x 2450 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (*Car size*)
  - Internal : 2000 x 1750 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal : 2100 x 1920 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 5400 x 4300 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
  - $R_1 = 8500 \text{ kg}$
  - $R_2 = 6800 \text{ kg}$



**Gambar 4.28** Denah Lift



**Gambar 4.29** Potongan Melintang Lift

Balok *lift* direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11 dengan data sebagai berikut :

d =	350	mm	ix =	14,7	cm
bf =	175	mm	iy =	3,95	cm
tf =	11	mm	Zx =	841	cm <sup>3</sup>
tw =	7	mm	Zy =	169	cm <sup>3</sup>
A =	63,1	cm <sup>2</sup>	Sx =	775	cm <sup>3</sup>
w =	49,6	kg/m	Sy =	160	cm <sup>3</sup>
Ix =	13600	cm <sup>4</sup>	r =	14	cm
Iy =	984	cm <sup>4</sup>	h =	300	cm



Mutu Baja : BJ 41

- $f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$
- $f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Panjang Balok Lift (L) = 2,8 m

*Pembebanan pada Balok Lift :*

**Beban Mati (qD) :**

- Berat Profil Balok Lift = 49,6 kg/m
- Berat Sambungan, dll (10%) = 4,96 kg/m
- $qD$  = 54,56 kg/m

**Beban Terfaktor (qU) :**

- $qU = 1,4 \times qD$
- $= 1,4 \times 54,56$  = 76,38 kg/m

**Beban Terpusat Lift (Pu) :**

Pada pasal 4.6 Impact Load SNI 1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-driven, Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

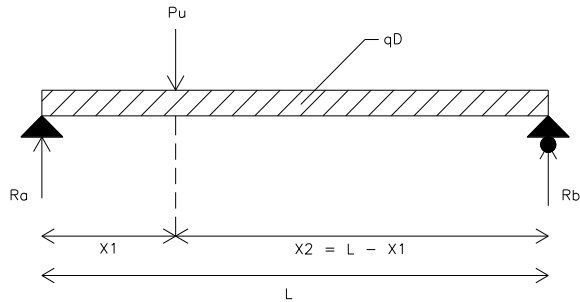
Beban Reaksi Ruang Mesin dari Brosur Lift :

- $R_1 = 8500 \text{ kg}$
- $R_2 = 6800 \text{ kg}$

Beban Reaksi setelah *Impact Load* :

- $R_A = R_1 \times (1 + 0,5) = 8500 \times (1 + 0,5) = 12750 \text{ kg}$
- $R_B = R_2 \times (1 + 0,5) = 6800 \times (1 + 0,5) = 10200 \text{ kg}$

Gaya dalam yang bekerja pada balok lift :



**Gambar 4.30** Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

a. Berat Mesin ( $P_u$ )

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ - (R_B \times L) + (P_u \times X_1) &= 0\end{aligned}$$

$$P_u \times X_1 = R_B \times L$$

$$P_u = \frac{10200 \times 2,8}{X_1}$$

$$P_u = \frac{28560}{X_1} \quad \dots \text{Persamaan 1}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ (R_A \times L) - (P_u \times X_2) &= 0 \\ (R_A \times L) - (P_u \times (L - X_1)) &= 0 \\ 12750 \times 2.8 &= \frac{28560}{X_1} \times (2,8 - X_1) \\ 35700 &= \frac{79968}{X_1} - 28560\end{aligned}$$

$$64260 = \frac{79968}{X_1}$$

$$X_1 = \frac{79968}{64260} = 1,24 \text{ m}$$

$$X_2 = L - X_1$$

$$= 2,8 \text{ m} - 1,24 \text{ m} = 1,56 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{28560}{X_1} = \frac{28560}{1,24} = 22950 \text{ kg}$$

$$R_a = \frac{P_u \times X_2}{L} = \frac{22950 \times 1,556}{2,8} = 12750 \text{ kg}$$

$$R_b = \frac{P_u \times X_1}{L} = \frac{22950 \times 1,244}{2,8} = 10200 \text{ kg}$$

b. Momen Maksimum ( $M_u$ )

$$M_u = \frac{P_u \times X_1 \times X_2}{L} + \frac{1}{8} \times qU \times L^2$$

$$= \frac{22950 \times 1,24 \times 1,56}{2,8} + \frac{1}{8} \times 76,38 \times 2,8^2$$

$$= 15942 \text{ kg.m}$$

c. Gaya Geser ( $V_u$ )

$$V_u = \frac{1}{2} \times qU \times L + R_a$$

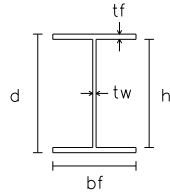
$$= \frac{1}{2} \times 76,38 \times 2,8 + 12750$$

$$= 12857 \text{ kg}$$

**Kontrol Penampang :**Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 42,86$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,86 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,95 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :**

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\
 &= 841 \times 2500 \\
 &= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,2 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 M_u & < & \phi M_n \\
 15941,5 & < & 0,9 \times 21021,2 \\
 15941,5 & < & 18919,1 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK
 \end{array}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang dari balok sendiri yaitu 280 cm. Maka perhitunganya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 280 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 &= 1,76 \times 3,95 \times \sqrt{\frac{20000000}{2500}} = 196,63 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J &= \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left( (2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right) \\
 &= \frac{1}{3} \left( (2 \times 175 \times 11^3) + ((350 - 2 \times 11) \times 7^3) \right) \\
 &= 192784,67 \text{ mm}^4 = 19,278 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{300 \times 7}{175 \times 11} \right)}} \\ = 46,47 \text{ mm} = 4,647 \text{ cm}$$

$$h_o = d - t_f = 350 - 11 = 339 \text{ mm} = 33,9 \text{ cm}$$

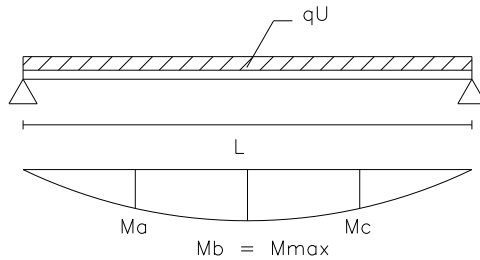
$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \\ = 1,95 \times 4,64 \frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{19,3 \times 1}{775 \times 33,9} + \sqrt{\left( \frac{19,3 \times 1}{775 \times 33,9} \right)^2 + 6,67 \left( \frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\ = 397,43 \text{ cm}$$

### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

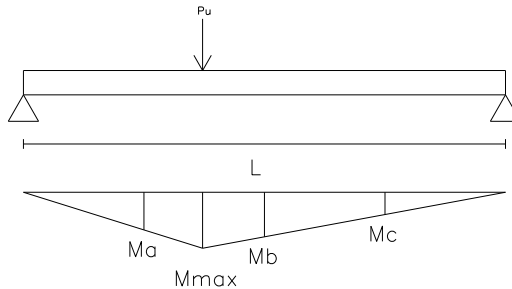
$$\begin{array}{llll} L_p & < & L_b & < & L_r \\ 196,63 & < & 280 & < & 397,3 \rightarrow \text{Bentang Menengah} \end{array}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1465 \times 2500 \\ &= 3661875 \text{ kg.cm} = 36618,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.31** Pembagian Momen pada Beban Merata



**Gambar 4.32** Pembagian Momen pada Beban Terpusat

- a. Momen di  $\frac{1}{4}$  Bentang ( $M_a$ )

Beban Merata

$$M_a = \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left( \frac{1}{8} \times 76,384 \times 2,8^2 \right) \times \frac{3}{4}$$

$$= 56,1422 \quad \text{kg.m}$$

Beban Terpusat

$$M_a = Ra \times \frac{L}{4} = 12750 \times \frac{2,8}{4} = 8925 \quad \text{kg.m}$$

$$M_{a \text{ Total}} = 56,1422 + 8925 = 8981,14 \quad \text{kg.m}$$

b. Momen di  $\frac{1}{2}$  Bentang (Mb)

Beban Merata

$$\begin{aligned} Mb &= \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 76,384 \times 2,8^2 \right) \\ &= 74,856 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Beban Terpusat

$$Mb = Rb \times \frac{L}{2} = 10200 \times \frac{2,8}{2} = 14280 \quad \text{kg.m}$$

$$Mb_{\text{Total}} = 74,856 + 14280 = 14354,86 \quad \text{kg.m}$$

c. Momen di  $\frac{3}{4}$  Bentang (Mc)

Beban Merata

$$\begin{aligned} Mc &= \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left( \frac{1}{8} \times 76,384 \times 2,8^2 \right) \times \frac{3}{4} \\ &= 56,1422 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Beban Terpusat

$$Mc = Rb \times \frac{L}{4} = 10200 \times \frac{2,8}{4} = 7140 \quad \text{kg.m}$$

$$Mc_{\text{Total}} = 56,1422 + 7140 = 7196,14 \quad \text{kg.m}$$

$$\begin{aligned} Cb &= \frac{12,5 M_{\text{Max}}}{2,5 M_{\text{Max}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\ &= \frac{12,5 \times 15941,52}{2,5 \times 15941,52 + 3 \times 8981,14 + 4 \times 14354,86 + 3 \times 7196,14} \\ &= 1,367 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\
&= 1,37 \left[ 2102118 - (2102118 - 0.7 \times 2500 \times 775) \left( \frac{280 - 196,6}{397,4 - 196,6} \right) \right] \leq M_p \\
&= 2449707,95 \text{ kg.cm} \leq M_p \\
&= 24497,08 \text{ kg.m} \leq 21021,2
\end{aligned}$$

Karena nilai  $M_n$  Bentang Menengah melebihi nilai  $M_p$ , maka nilai yang diambil adalah nilai  $M_p$  sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll}
\mu & < & \phi M_n \\
15941,5 & < & 0.9 \times 21021,2 \\
15941,5 & < & 18919,06 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK}
\end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Menengah* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $C = 1$ , *I Simetris* (Pasal F2 pers.(F2-8b) SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{h}{tw} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{300}{7} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 42,86 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 24,5 \times 1,0 = 36750 \quad \text{kg}\end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}V_u &< \phi V_n \\ 12856,9 &< 0,9 \times 36750 \\ 12856,9 &< 33075 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK}\end{aligned}$$

*Keterangan :*

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Lendutan :**

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$  , berikut perhitungannya :

$$- f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{211,819 \times 280^4}{2000000 \times 20400} = 0,40 \text{ cm}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{280}{360} = 0,778 \text{ cm}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rclcl} f & < & f_{\text{maks}} & & \\ 0,40 & < & 0,778 & & \\ 0,40 & < & 0,778 \text{ cm} & \longrightarrow & \text{.....OK} \end{array}$$

Sehingga Profil WF 350 x 175 x 7 x 11, dapat digunakan sebagai balok lift.

## 4.6 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

### 4.6.1 Perencanaan Dimensi Tangga

#### Data Perencanaan :

- Tinggi Antar Lantai (h)	=	360	cm
- Panjang Bordes	=	350	cm
- Tinggi Bordes	=	180	cm
- Lebar Bordes	=	140	cm
- Lebar Tangga	=	165	cm
- Tinggi Injakan (t)	=	18	cm
- Lebar Pegangan Tangga	=	20	cm
- Lebar Injakan (i)	=	28	cm
- Berat Jenis Baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
- BJ 41			
Fy	=	250	MPa
Fu	=	410	MPa
E	=	200000	MPa

#### Perencanaan Jumlah Injakan Tangga

Persyaratan Jumlah Injakan Tangga :

1.  $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
2.  $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$

Maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

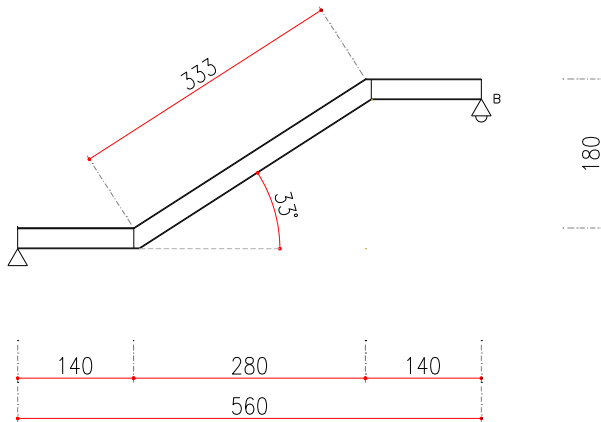
- |                      |   |                                    |           |
|----------------------|---|------------------------------------|-----------|
| - Tinggi Injakan (t) | = | 18                                 | cm        |
| - Jumlah Tanjakan    | = | $\frac{h/2}{t} = \frac{360/2}{18}$ | = 10 Buah |

- Jumlah Injakan (n) = 10 Buah – 1 = 9 Buah
- Panjang Tangga (x) = 280 cm
- Kemiringan Tangga (a)

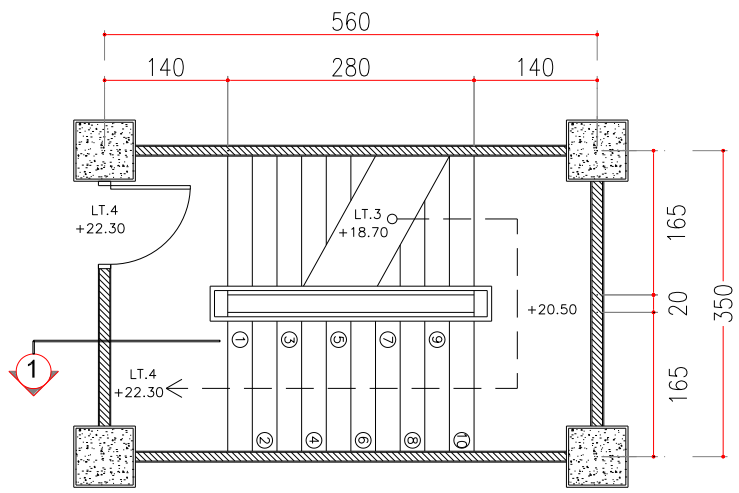
$$a = \text{arc tg } \frac{h/2}{x} = \text{arc tg } \frac{360/2}{280} = 32,74^\circ$$

*Cek Persyaratan :*

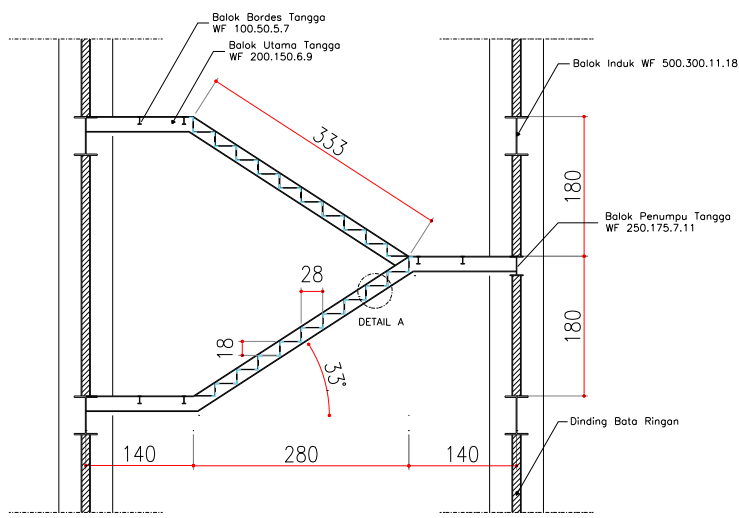
1.  $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$   
 $60 \text{ cm} \leq (2 \times 18 + 28) \leq 65 \text{ cm}$   
 $60 \text{ cm} \leq (64) \leq 65 \text{ cm} \dots \text{OK!}$
2.  $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$   
 $25^\circ \leq 32,74^\circ \leq 40^\circ \dots \text{OK!}$



**Gambar 4.33** Posisi Perletakan Senid – Rol pada Tangga

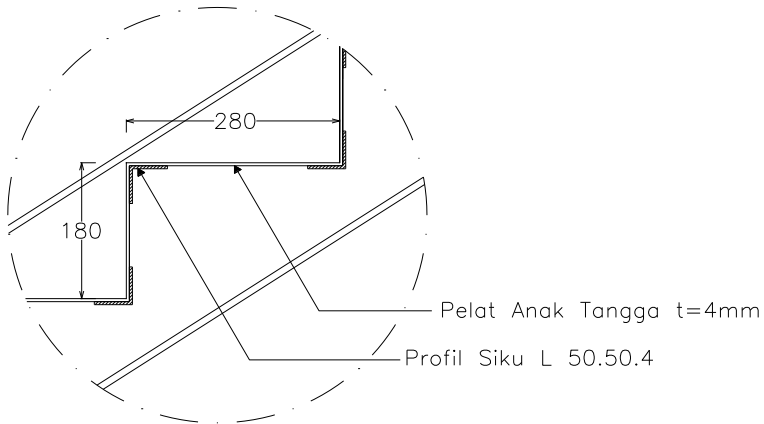


Gambar 4. 34 Perencanaan Denah Tangga



Gambar 4.35 Tampak Potongan Melintang Tangga

### 4.6.2 Perencanaan Anak Tangga

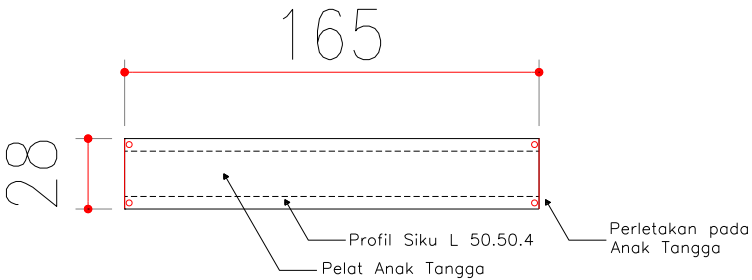


**Gambar 4.36** Rencana Anak Tangga

#### a. Perencanaan Pelat Anak Tangga

##### Data Perencanaan

- Tebal Pelat Pelat Tangga = 4 mm
- Berat Jenis Baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>



**Gambar 4.37** Perletakan pada Anak Tangga Pelat

- Mutu Baja BJ 41
 

$f_y = 250 \text{ MPa}$	$= 2500 \text{ kg/m}^2$
$f_u = 410 \text{ MPa}$	$= 4100 \text{ kg/m}^2$

### Perencanaan Pembebanan

#### Beban Mati $q_D$

- Berat Pelat  $= 0.004 \times 1,65 \times 7850 = 51,81 \text{ kg/m}$
  - Alat Penyambung dll. (10%)  $= 5,18 \text{ kg/m}$
- $$q_D = 56,99 \text{ kg/m}$$

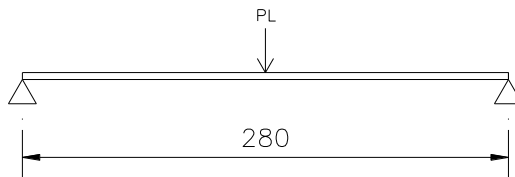
#### Beban Hidup $q_L$

- Beban Hidup Tangga (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*)
 

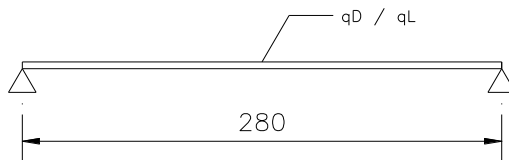
$q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 1,65$	$= 805,66 \text{ kg/m}$
$PL = 135,88 \text{ kg}$	$= 135,88 \text{ kg}$

$$q_{\text{Total}} = 56,99 \text{ kg/m} + 805,66 \text{ kg/m} = 862,65 \text{ kg/m}$$

### Perhitungan Momen



*Beban Terpusat pada Pelat Anak Tangga*



*Beban Merata pada Pelat Anak Tangga*



Beban Mati ( $M_D$ )

$$M_D = \left( \frac{1}{8} \times qD \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 57,0 \times 0,28^2 \right)$$

$$= 0,56 \text{ kg.m}$$

Beban Hidup ( $M_L$ )

$$M_L = \left( \frac{1}{8} \times qL \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 805,7 \times 0,28^2 \right)$$

$$= 7,90 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \left( \frac{1}{4} \times P_L \times L \right) = \left( \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,28 \right)$$

$$= 9,49 \text{ kg.m} \quad (\text{Menentukan})$$

Momen Ultimate ( $M_u$ )

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 \times 0,56 + 1,6 \times 9,49 = 15,85 \text{ kg.m}$$

Kontrol Kuat Lentur Pelat

$$Z_x = \left( \frac{1}{4} \times b \times h^3 \right) = \left( \frac{1}{4} \times 165 \times 0,4^3 \right) = 6,60 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 6,6 \times 2500$$

$$= 16500 \text{ kg.cm} = 165 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain

$M_u$	<	$\phi M_n$
15,9	<	0,9 x 165
15,9	<	148,5 Kg $\longrightarrow$ .....OK

### Kontrol Lendutan Pelat

$$I_x = \left( \frac{1}{12} \times b \times h^3 \right) = \left( \frac{1}{12} \times 165 \times 0,4^3 \right) = 0,88 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{8,6 \times 28^4}{2000000 \times 0,88} = 0,039 \text{ cm}$$

$$f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{28}{360} = 0,078 \text{ cm}$$

### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl} f & < & f_{\text{maks}} \\ 0,039 & < & 0,078 \\ 0,039 & < & 0,078 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

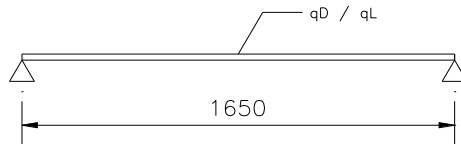
Sehingga Pelat Anak Tangga dengan Tebal 0,04 m , dapat digunakan.

#### b. Perencanaan Pengaku Anak Tangga

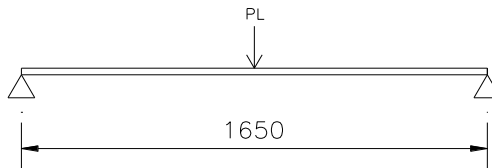
Direncanakan menggunakan profil siku  $50 \times 50 \times 4$  dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} b & = 50 \text{ mm} & I_x & = 9,1 \text{ cm}^4 & i_y & = 1,53 \text{ cm} \\ t_w & = 4 \text{ mm} & I_y & = 9,1 \text{ cm}^4 & i_x & = 1,53 \text{ cm} \\ w & = 3,06 \text{ kg/m} & A & = 3,9 \text{ cm}^2 & & \end{array}$$

### Perencanaan Pembebanan



*Beban Merata pada Pengaku anak Tangga*



*Beban Terpusat pada Pengaku anak Tangga*

Beban Mati ( $qD$ ) (1/2 Lebar Injakan)

- Berat Pelat $0,14 \times 0,004 \times 7850$	=	4,40	kg/m
- Berat Profil	=	3,06	kg/m
	=	7,456	kg/m
- Alat Penyambung dll (10%)	=	0,75	kg/m
	=	8,202	kg/m

Beban Hidup ( $qL$ )

(1/2 Lebar Injakan)

- Beban Hidup Tangga (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$qL = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times \frac{0,28}{2} = 68,36 \text{ kg/m}$$

$$PL = 135,88 \text{ kg} = 135,88 \text{ kg}$$

$$q_{\text{Total}} = 8,20 \text{ kg/m} + 68,36 \text{ kg/m} = 76,56 \text{ kg/m}$$

Perhitungan Momen

**Beban Mati ( $M_D$ )**

$$\begin{aligned} M_D &= \left( \frac{1}{8} \times qD \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 8,2 \times 1,65^2 \right) \\ &= 2,79 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_D &= \left( \frac{1}{2} \times qD \times L \right) = \left( \frac{1}{2} \times 8,2 \times 1,65 \right) \\ &= 7,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Beban Hidup ( $M_L$ )**

$$\begin{aligned} M_L &= \left( \frac{1}{8} \times qL \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 68,4 \times 1,65^2 \right) \\ &= 23,26 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_L &= \left( \frac{1}{4} \times P_L \times L \right) = \left( \frac{1}{4} \times 135,6 \times 1,65 \right) \\ &= 55,93 \text{ kg.m} \quad (\text{Menentukan}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_L &= \left( \frac{1}{2} \times qL \times L \right) = \left( \frac{1}{2} \times 68,4 \times 1,65 \right) \\ &= 56,40 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_L &= \left( \frac{1}{2} \times P_L \right) = \left( \frac{1}{2} \times 135,6 \right) \\ &= 67,79 \text{ kg} \quad (\text{Menentukan}) \end{aligned}$$

Momen Ultimate ( $M_u$ )

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2 \times 2,79 + 1,6 \times 55,93 = 92,83 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Geser Ultimate ( $V_u$ )

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 V_D + 1,6 V_L \\ &= 1,2 \times 7,38 + 1,6 \times 67,69 = 117,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Kontrol Penampang

a. Kontrol Kuat Lentur

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{tf} = \frac{50}{4} = 12,5$$

$$\lambda_{pf} = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,27$$

$$\lambda_r = 0,91 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,91 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 25,74$$

Cek Persyaratan

$$\begin{aligned} \lambda_{pf} &> \lambda < \lambda_r \\ 15,27 &> 12,5 < 25,74 \quad \text{Penampang Kompak} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= \left( \frac{1}{2} \times d \times (tf \times d) \right) + \left( \frac{1}{2} \times tf \times (tf \times (b - tf)) \right) \\ &= \left( \frac{1}{2} \times 5 \times (0,4 \times 5) \right) + \left( \frac{1}{2} \times 0,4 \times (0,4 \times (5 - 0,4)) \right) \\ &= 5,368 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 5,368 \times 2500 \\ &= 13420 \text{ kg.cm} = 134,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll}
 \mu < \phi M_n \\
 92,8 < 0,9 \times 134,2 \\
 92,8 < 120,78 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK}
 \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$  *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

**b. Kontrol Kuat Geser**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 \frac{d - t_w}{t_w} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\
 \frac{46}{4} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\
 11,5 & \leq & 69,57 \quad ; C_v = 1,0
 \end{array}$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 V_n & = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\
 & = 0,6 \times 2500 \times 1,8 \times 1,0 = 2760 \text{ kg}
 \end{array}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi V_n \\
 117,3 & < & 0.9 \times 2760 \\
 117,3 & < & 2484 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK}
 \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

**c. Kontrol Lendutan**

Pengaku Anak Tangga diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{240}$ , berikut perhitungannya :

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{240} = \frac{165}{240} = 0,688 \text{ cm}$$

Beban Mati

$$\begin{aligned}
 - f_1 &= \frac{5}{384} \times \frac{qD \times Lx^4}{E \times Ix} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,082 \times 165^4}{2000000 \times 9} = 0,04 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup Terpusat

$$\begin{aligned}
 - f_2 &= \frac{1}{48} \times \frac{PL \times Lx^3}{E \times Ix} \\
 &= \frac{1}{48} \times \frac{135,76 \times 165^3}{2000000 \times 9} = 0,44 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup Merata

$$\begin{aligned}
 - f_2 &= \frac{5}{384} \times \frac{qL \times Lx^4}{E \times Ix} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,684 \times 165^4}{2000000 \times 37} = 0,36 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

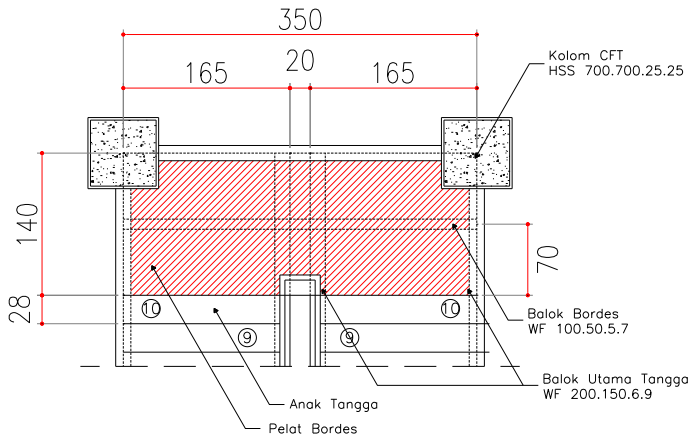
Maka, nilai f sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f &= f_1 + f_2 \\
 f &= 0,04 + 0,44 = 0,48 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
 f &< f_{\text{maks}} \\
 0,48 &< 0,68 \text{ cm} \rightarrow \text{.....OK}
 \end{aligned}$$

### 4.6.3 Perencanaan Bordes



**Gambar 4.38** Denah rencana bordes tangga

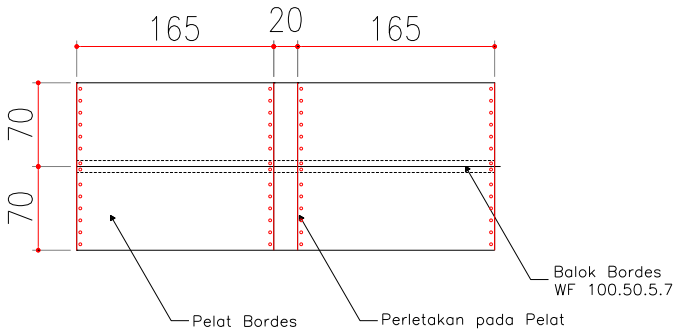
#### a. Perencanaan Pelat Bordes

Data Perencanaan

$$- \text{Tebal Pelat Pelat Tangga} = 7 \text{ mm}$$



- Lebar Pelat Bordes = 140 cm
- Berat Jenis Baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>



**Gambar 4.39** Perletakan pada Pelat Bordes

- Mutu Baja BJ 41
  - $f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/m}^2$
  - $f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/m}^2$

#### Perencanaan Pembebanan

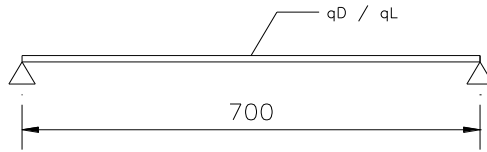
##### Beban Mati $q_D$

- Berat Pelat =  $0.007 \times 0,7 \times 7850 = 38,47 \text{ kg/m}$
- Alat Penyambung dll. (10%) =  $3,85 \text{ kg/m}$
- $q_D = 42,32 \text{ kg/m}$

##### Beban Hidup $q_L$

- Beban Hidup Tangga (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*)
  - $q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 0,7 = 341,79 \text{ kg/m}$
  - $q_{\text{Total}} = 42,32 \text{ kg/m} + 341,79 \text{ kg/m} = 384,11 \text{ kg/m}$

### Perhitungan Momen



*Beban Merata pada Pelat Bordes*

Beban Mati ( $M_D$ )

$$M_D = \left( \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 42,3 \times 0,7^2 \right)$$

$$= 2,59 \text{ kg.m}$$

Beban Hidup ( $M_L$ )

$$M_L = \left( \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 341,8 \times 0,7^2 \right)$$

$$= 20,93 \text{ kg.m}$$

Momen Ultimate ( $M_u$ )

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 \times 2,59 + 1,6 \times 20,93 = 36,61 \text{ kg.m}$$

Kontrol Kuat Lentur Pelat

$$Z_x = \left( \frac{1}{4} \times b \times h^3 \right) = \left( \frac{1}{4} \times 165 \times 0,7^3 \right) = 20,21 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 20,21 \times 2500$$

$$= 50531 \text{ kg.cm} = 505,3 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain

$M_u$	<	$\phi M_n$
36,6	<	$0,9 \times 505,3$
36,6	<	454,8 Kg $\rightarrow$ .....OK

### Kontrol Lendutan Pelat

$$I_x = \left( \frac{1}{12} \times b \times h^3 \right) = \left( \frac{1}{12} \times 165 \times 0,7^3 \right) = 4,72 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{3,84 \times 70^4}{2000000 \times 4,72} = 0,127 \text{ cm}$$

$$f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{70}{360} = 0,194 \text{ cm}$$

### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lcl} f & < & f_{\text{maks}} \\ 0,127 & < & 0,194 \text{ cm} \end{array} \longrightarrow \text{.....OK}$$

Sehingga Pelat Bordes dengan Tebal 0,07 m , dapat digunakan.

### **b. Perencanaan Balok Bordes**

Pada Bordes Tangga, balok diencanakan menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7, dengan data profil sebagai berikut :

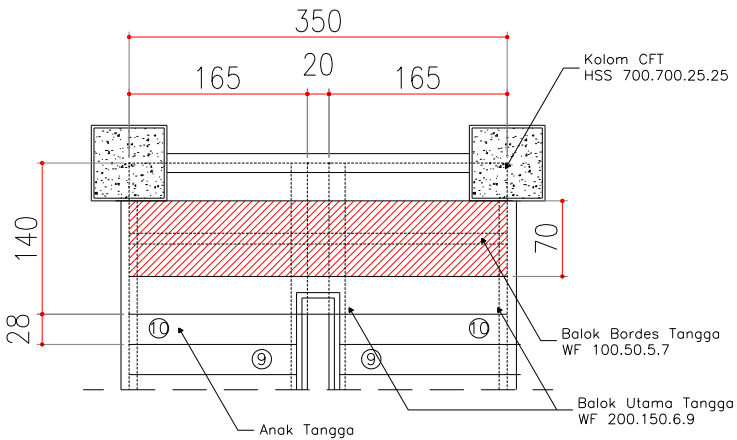
d	=	100	mm	ix	=	3,98	cm
bf	=	50	mm	iy	=	1,12	cm
tf	=	7	mm	Zx	=	42	cm <sup>3</sup>
tw	=	5	mm	Zy	=	9	cm <sup>3</sup>
A	=	11,9	cm <sup>2</sup>	Sx	=	37,5	cm <sup>3</sup>
w	=	9,3	kg/m	Sy	=	5,9	cm <sup>3</sup>
Ix	=	187	cm <sup>4</sup>	r	=	8	cm
Iy	=	14,8	cm <sup>4</sup>	h	=	70	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (fy) 250 MPa dan beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :

### Perencanaan Pembebanan

#### Beban Mati ( $q_D$ )

- Berat Pelat =  $0.007 \times 0,7 \times 7850$  = 38,47 kg/m
- Berat Profil = 9,3 kg/m
- = 47,77 kg/m
- Alat Penyambung dll. (10%) = 4,78 kg/m
- $q_D$  = 52,55 kg/m



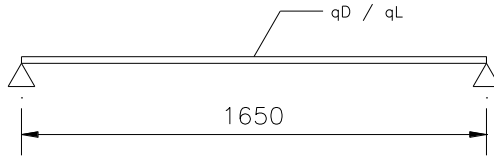
**Gambar 4.40** Pembebanan pada balok bordes

#### Beban Hidup ( $q_L$ )

- Beban Hidup Tangga (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*)

$$q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 0,7 = 341,79 \text{ kg/m}$$

### Perhitungan Momen dan Geser



*Beban Merata pada Balok Bordes*

#### Perhitungan Momen

Beban Mati ( $M_D$ )

$$M_D = \left( \frac{1}{8} \times qD \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 55,524 \times 1,65^2 \right)$$

$$= 17,88 \text{ kg.m}$$

$$V_D = \left( \frac{1}{2} \times qD \times L \right) = \left( \frac{1}{2} \times 55,54 \times 1,65 \right)$$

$$= 43,35 \text{ kg}$$

Beban Hidup ( $M_L$ )

$$M_L = \left( \frac{1}{8} \times qL \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 341,79 \times 1,65^2 \right)$$

$$= 116,32 \text{ kg.m}$$

$$V_L = \left( \frac{1}{2} \times qL \times L \right) = \left( \frac{1}{2} \times 341,8 \times 1,65 \right)$$

$$= 281,98 \text{ kg}$$

Momen Ultimate ( $M_u$ )

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 \times 17,88 + 1,6 \times 116,32 = 207,56 \text{ kg.m}$$

Geser Ultimate ( $V_u$ )

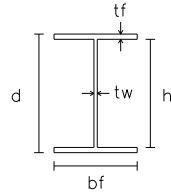
$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 V_D + 1,6 V_L \\ &= 1,2 \times 43,35 + 1,6 \times 281,98 = 503,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal

#### Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14,0$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



#### Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{50}{14} = 3,57$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

### Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$14,00 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$3,57 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

*Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)*

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 42 \times 2500 \\ &= 104488 \text{ kg.cm} = 1044,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 207,6 & < & 0,9 \times 1044,9 \\ 207,6 & < & 940,38 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang dari balok sendiri yaitu 165 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 165 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 1,76 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 110,51 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left( (2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{3} \left( (2 \times 50 \times 7^3) + ((100 - 2 \times 7) \times 5^3) \right) \\
 &= 15016,67 \text{ mm}^4 = 1,502 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{50}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{70 \times 5}{50 \times 7} \right)}} \\
 &= 13,363 \text{ mm} = 1,336 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$h_o = d - t_f = 100 - 7 = 93 \text{ mm} = 9,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \\
 &= 1,95 \times 1,336 \frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{1,5 \times 1}{38 \times 9,3} + \sqrt{\left( \frac{1,5 \times 1}{38 \times 9,3} \right)^2 + 6,67 \left( \frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\
 &= 276,44 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$\begin{array}{ccc}
 L_p & < & L_b & > & L_r \\
 55,75 & < & 165 & > & 276,4 \rightarrow \text{Bentang Menengah}
 \end{array}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \times F_y \\
 &= 42 \times 2500 = 104488 \text{ kg.cm} = 1004,48 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

a. Momen di  $\frac{1}{4}$  Bentang ( $M_a$ )

$$M_a = \left( \frac{1}{8} \times q U \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left( \frac{1}{8} \times 609,92 \times 1,65^2 \right) \times \frac{3}{4}$$

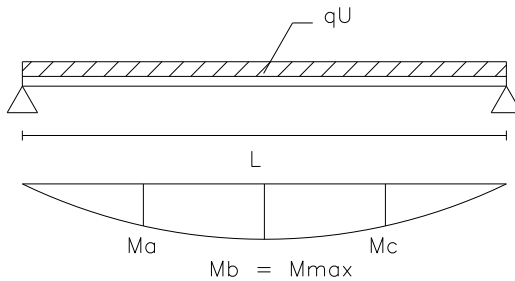


$$= 155,67 \quad \text{kg.m}$$

b. Momen di  $\frac{1}{2}$  Bentang ( $M_b$ )

Beban Merata

$$\begin{aligned} M_b &= \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 609,92 \times 1,65^2 \right) \\ &= 207,56 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.41** Pembagian Momen pada Balok Bordes

c. Momen di  $\frac{3}{4}$  Bentang ( $M_c$ )

Beban Merata

$$\begin{aligned} M_c &= \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left( \frac{1}{8} \times 609,92 \times 1,65^2 \right) \times \frac{3}{4} \\ &= 155,67 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{Max}}{2,5 M_{Max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\ &= \frac{12,5 \times 207,56}{2,5 \times 207,56 + 3 \times 155,67 + 4 \times 207,56 + 3 \times 155,67} \\ &= 1,136 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\
&= 1,136 \left[ 104488 - (104488 - 0.7 \times 2500 \times 38) \left( \frac{165 - 55,8}{276,4 - 55,8} \right) \right] \leq M_p \\
&= 96874,78 \quad \text{kg.cm} \quad \leq \quad M_p \\
&= 968,75 \quad \text{kg.m} \quad \leq \quad 1004,9
\end{aligned}$$

Karena nilai  $M_n$  Bentang Menengah kurang dari nilai  $M_p$ , maka nilai yang diambil adalah nilai  $M_n$  sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

$M_u$	$<$	$\phi M_n$	
207,6	$<$	$0.9 \times 968,7$	
207,6	$<$	871,87	kg.m $\rightarrow$ ....OK

*Keterangan :*

- *Bentang Menengah* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $C = 1$ , *I Simetris* (Pasal F2 pers.(F2-8b) SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{70}{5} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$14,00 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 5 \times 1,0 = 7500 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} V_u & < & \phi V_n \\ 503,2 & < & 0,9 \times 7500 \\ 503,2 & < & 6750 \quad \text{Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

#### *Keterangan :*

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Lendutan :**

Balok Bordes diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$  , berikut perhitungannya :

$$- f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{3,943 \times 165^4}{2000000 \times 187} = 0,102 \text{ cm}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{165}{360} = 0,458 \text{ cm}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$f < f_{\text{maks}}$$

$$0,102 < 0,458$$

$$0,102 < 0,458 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK}$$

Sehingga Profil WF 100 x 50 x 5 x 7, dapat digunakan sebagai Balok Bordes.

#### **4.6.4 Perencanaan Balok Utama Tangga**

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 x 150 x 6 x 9, dengan spesifikasi sebagai berikut :

d	=	194	mm	ix	=	8,3	cm
bf	=	150	mm	iy	=	3,6	cm
tf	=	9	mm	Zx	=	296	cm <sup>3</sup>
tw	=	6	mm	Zy	=	101	cm <sup>3</sup>
A	=	39,0	cm <sup>2</sup>	Sx	=	277	cm <sup>3</sup>
w	=	30,6	kg/m	Sy	=	68	cm <sup>3</sup>
Ix	=	2690	cm <sup>4</sup>	r	=	13	cm
Iy	=	507	cm <sup>4</sup>	h	=	150	cm

#### Perencanaan Pembebanan

##### Pembebanan Anak Tangga (qU<sub>1</sub>)

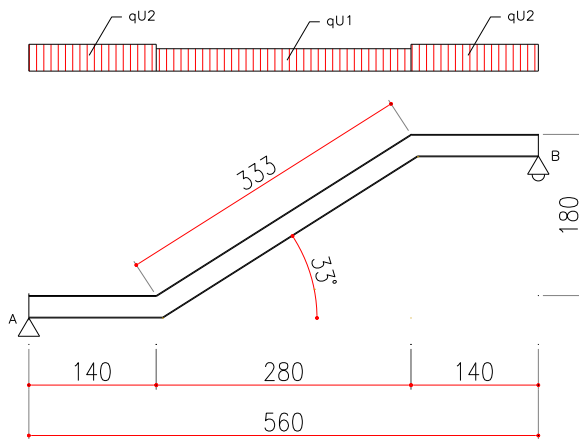
##### Beban Mati (qD)

$$- \text{Berat Pelat } 0,004 \times (1,65 \times 0,5) \times 7850 = 25,91 \text{ kg/m}$$

- Berat Profil Balok  $30,6 / \cos 32,74^\circ = 36,4 \text{ kg/m}$
- Berat Profil Siku  

$$\frac{3,06 \text{ kg} \times 2 \text{ Buah} \times 9 \text{ Anak Tangga} \times 0,83}{3,33} = 13,7 \text{ kg/m}$$
- Alat Penyambung dll (10%)  

$$= 75,934 \text{ kg/m}$$
- $qD = 7,59 \text{ kg/m}$
- $= 83,524 \text{ kg/m}$



**Gambar 4.42** Perencanaan Pembebanan Balok Utama Tangga

Beban Hidup ( $qL$ )

$$qL = 482,82 \text{ kg/m}^2 \times 0,825 = 402,28 \text{ kg/m}$$

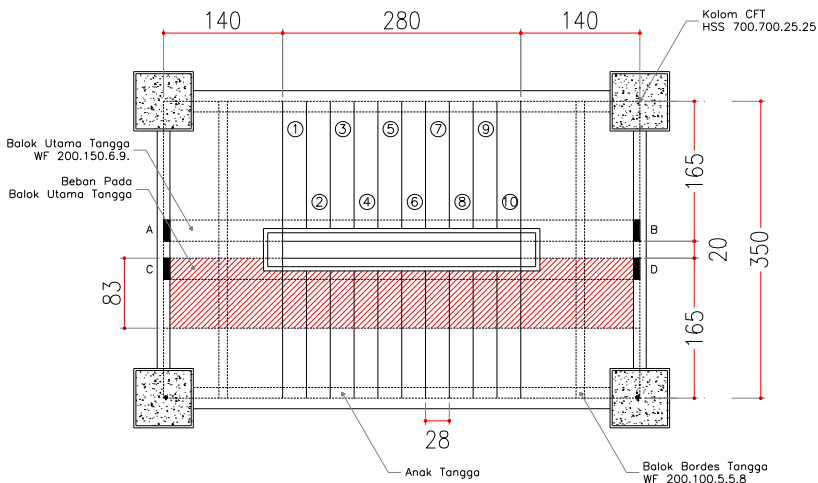
Beban Ultimate ( $qU_1$ )

$$\begin{aligned} qU_1 &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= 1,2 \times 83,5 + 1,6 \times 478,9 = 866,45 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### Pembebanan Bordes ( $q_{U2}$ )

#### Beban Mati ( $q_D$ )

- Berat Pelat  $0,007 \times (1,65 \times 0,5) \times 7850 = 45,33 \text{ kg/m}$
- Berat Profil Balok  $= 29,6 \text{ kg/m}$
- Berat Profil Balok  $\frac{9,3 \text{ kg} \times 0,83}{1,40} = 5,5 \text{ kg/m}$
- $= 80,414 \text{ kg/m}$
- Alat Penyambung dll (10%)  $= 8,04 \text{ kg/m}$
- $q_D = 88,456 \text{ kg/m}$



**Gambar 4.43** Denah Perencanaan Balok Utama Tangga

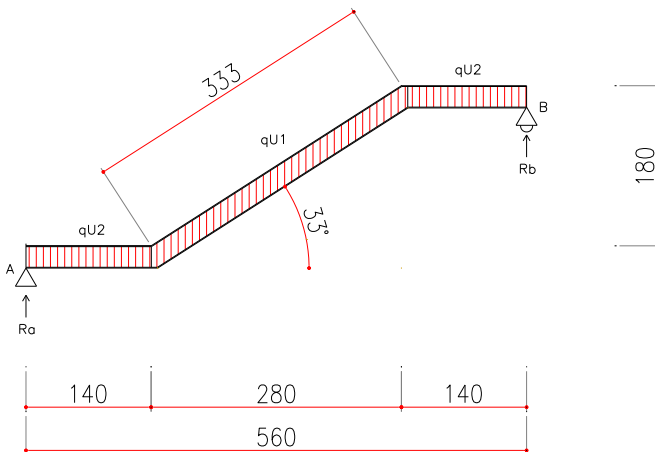
Beban Hidup ( $q_L$ )

$$q_L = 482,82 \text{ kg/m}^2 \times 0,825 \text{ m} = 402,28 \text{ kg/m}$$

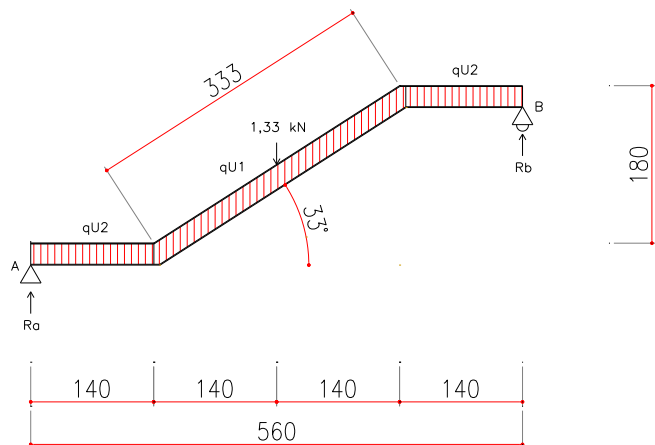
Beban Ultimate ( $q_{U_2}$ )

$$\begin{aligned} q_{U_2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 88,456 + 1,6 \times 402,8 = 750,67 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Selain itu berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.5.4 mengenai beban pada tangga tetap, pada 1 rangkaian harus terdapat tambahan beban minimum 1.33 kN setiap jarak 3.048 m dari tinggi tangga. Pada perencanaan ini beban sebesar 1.33 kN ditempatkan pada tengah bentang dari balok utama tangga, sehingga sketsa pembebanan mejadi seperti berikut :

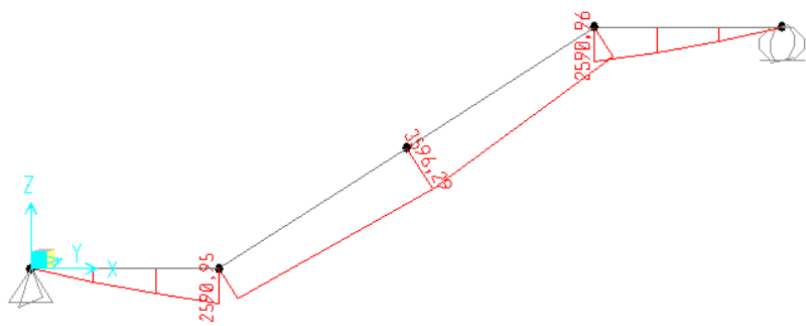


**Gambar 4.44** Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga



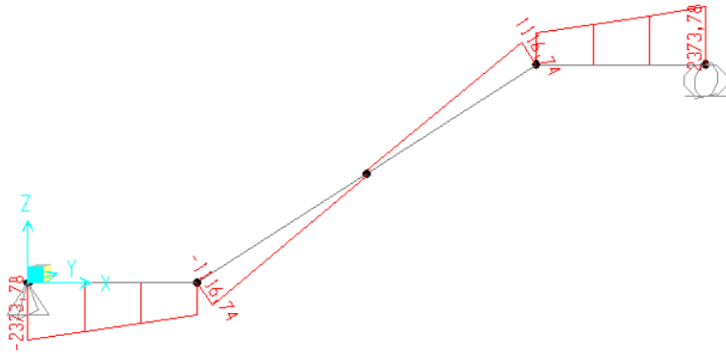
**Gambar 4.45** Sketsa Pembebanan dengan Tambahan Beban Terpusat pada Balok Utama Tangga

Dengan program bantu SAP2000 v14.2 didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

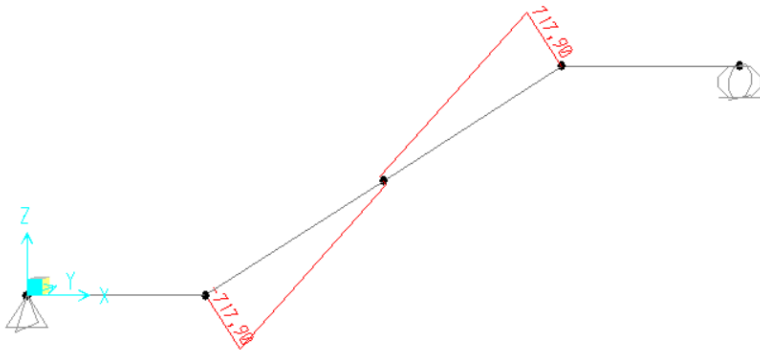


**Gambar 4.46** Bidang M Balok Tangga Utama





**Gambar 4.47** Bidang D Balok Tangga Utama



**Gambar 4.48** Bidang N Balok Tangga Utama

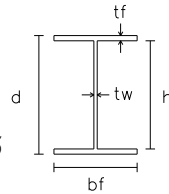
Maka rekapitulasi dari hasil Output SAP2000 v14.2 adalah sebagai berikut :

- $M_u = 3596,29 \text{ kg.m}$
- $V_u = 2373,77 \text{ kg}$
- $N_u = 717,9 \text{ kg}$

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :**Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{150}{6} = 25,00$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{18} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$25,00 < 106,35 \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,93 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y = 296 \times 2500$$

$$= 740535 \quad \text{kg.cm} = 7405,4 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} \mu & < & \phi M_n \\ 3596,3 & < & 0.9 \times 7405,4 \\ 3596,3 & < & 6664,82 \quad \text{kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang berupa pengaku dari anak tangga dengan jarak vertikal 18 cm dan jarak horizontal adalah 28 cm dengan perhitungan sebagai berikut :

$$L_b = \sqrt{18^2 + 28^2} = 33,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 3,61 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 179,71 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 33,3 < 179,71 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 296 \times 2500 \\ &= 740535 \text{ kg.cm} = 7405,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 3596,3 & < & 0.9 \times 7405,4 \\ 3596,3 & < & 6664,8 \text{ kg.m} \rightarrow \dots OK \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{150}{6} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$25,00 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 11,6 \times 1,0 = 17460 \quad \text{kg}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$V_u < \phi V_n$$

$$2373,8 < 0,9 \times 17460$$

$$2373,8 < 15717,4 \text{ Kg} \rightarrow \text{.....OK}$$

*Keterangan :*

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Interaksi Tekan - Lentur :**

$$L = \sqrt{180^2 + 280^2} = 332,9 \quad \text{cm}$$

$$K_c = 0,5 \text{ (Jepit - Jepit)}$$

$$\frac{K_c \times L}{r_{\min}} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{0,5 \times 332,9}{3,61} \leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

$$46,103 \leq 133,22$$

maka fcr ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} f_y = 0,658^{\frac{250}{928,7}} \times 250 \\ &= 223,360 \text{ MPa} = 2233,6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan  $f_e$ , sebagai berikut :

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r_{\min}} \right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left( \frac{2 \times 3329}{36,1} \right)^2} = 928,7 \text{ MPa}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \times F_{cr} \\ &= 39,0 \times 2233,6 = 87132,92 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,85 \times 87132,92 = 74062,99 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{716,63}{74062,99} = 0,0097 < 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 2* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{717,9}{2 \times 74062,99} + \left( \frac{3596,29}{6664,8} + 0 \right) \leq 1,0$$

$$0,54 \leq 1,0 \quad \dots OK$$

### Kontrol Lendutan :

Balok Utama Tangga diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$ , berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{(2 \times 140) + \sqrt{(280^2 + 180^2)}}{360} \\ &= 2,55 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui lendutan yang terjadi beban rencana yang digunakan adalah beban tidak terfaktor, beban yang sudah direncanakan pada pembebanan balok utama tangga diatas yang sudah dikalikan dengan faktor sehingga pada kontrol lendutan faktor dihilangkan.

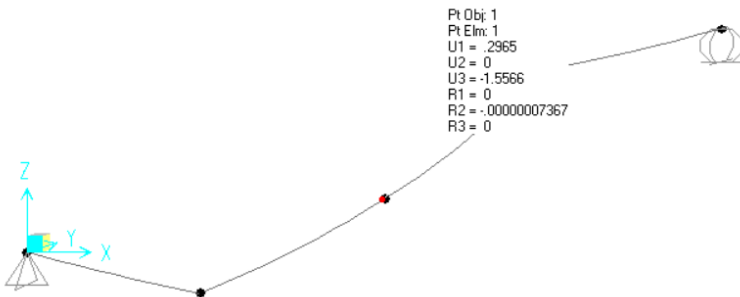
Pembebanan untuk balok utama tangga miring :

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1 q_D + 1 q_L \\ &= 83,5 + 478,9 \\ &= 562,41 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Pembebanan untuk balok utama tangga bordes :

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1 q_D + 1 q_L \\ &= 89,56 + 402,8 \\ &= 492,38 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Selain itu berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.5.4 mengenai beban pada tangga tetap, pada 1 rangkaian harus terdapat tambahan beban minimum 1.33 kN setiap jarak 3.048 m dari tinggi tangga. Pada perencanaan ini beban sebesar 1.33 kN ditempatkan pada tengah bentang dari balok utama tangga.



**Gambar 4.49** Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{maks} \\
 1,556 & < & 2,55 \\
 1,556 & < & 2,55 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK}
 \end{array}$$

Sehingga Profil WF 200 x 150 x 6 x 9 , dapat digunakan sebagai balok utama tangga.



#### 4.6.5 Perencanaan Balok Penumpu

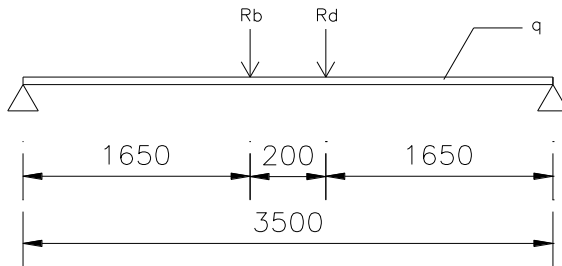
Balok Penumpu di rencanakan dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari balok utama tangga. Balok penumpu direncanakan menggunakan profil WF 250 × 175 × 7 × 11, dengan spesifikasi sebagai berikut :

d	=	250	mm	ix	=	10,4	cm
bf	=	175	mm	iy	=	4,18	cm
tf	=	11	mm	Zx	=	535	cm <sup>3</sup>
tw	=	7	mm	Zy	=	168	cm <sup>3</sup>
A	=	56,2	cm <sup>2</sup>	Sx	=	502	cm <sup>3</sup>
w	=	44,1	kg/m	Sy	=	113	cm <sup>3</sup>
Ix	=	6120	cm <sup>4</sup>	r	=	16	cm
Iy	=	984	cm <sup>4</sup>	h	=	190	cm

Data Perencanaan :

- Berat Bata Ringan	=	600	kg/m <sup>2</sup>
- Lebar Pegangan Tangga	=	0,2	m
- Panjang Balok Penumpu	=	3,5	m
- BJ 41			
Fy	=	250 MPa	= 2500 kg/cm <sup>2</sup>
Fe	=	210 MPa	= 2100 kg/cm <sup>2</sup>
E	=	20000 MPa	= 2000000 kg/cm <sup>2</sup>

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Rb) dan (Rd) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang- berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



**Gambar 4.50** Sketsa Pembebanan pada Balok Penumpu Tangga

Perencanaan Pembebanan :

Beban Mati ( $qD$ )

- Berat Profil	=	44,1	kg/m
- Beban Dinding 1,8 x 600	=	1080	kg/m
	=	1124,1	kg/m
Berat Sambungan dll (10%)	=	112,41	kg/m
$qD$	=	1236,5	kg/m

Beban Ultimate ( $qU$ )

$$qU = 1,4 qD$$

$$= 1,4 \times 1236,5 \text{ kg/m} = 1731,114 \text{ kg/m}$$

Reaksi Perletakan :

Beban Terpusat

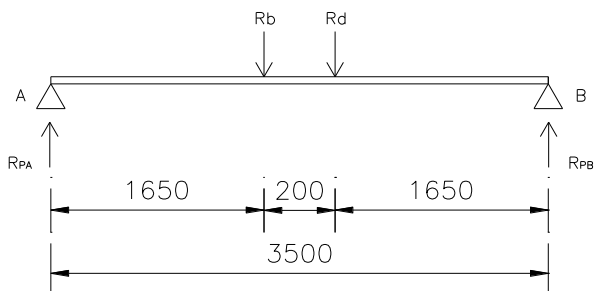
$$Rb = Rd = 2373,78 \text{ kg} \quad \text{*Hasil Output SAP 2000}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$-R_{PB} \times 3,5 + Rb \times 1,65 + Rd \times 1,85 = 0$$

$$R_{PB} = \frac{Ra \times 1,65 + Rb \times 1,85}{3,5}$$

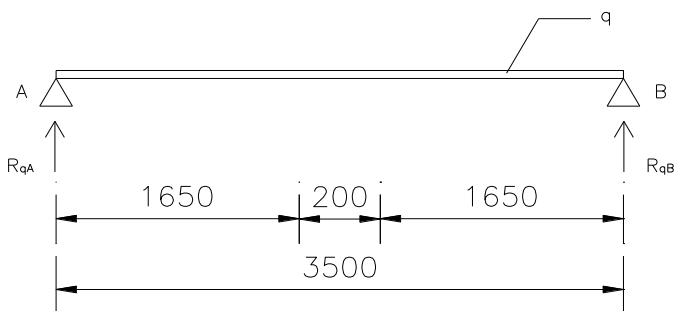
$$\begin{aligned}
 &= \frac{2373,78 \times 1,65 + 2373,78 \times 1,85}{3,5} \\
 &= 2373,78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



*Pembebanan Terpusat Pada Balok Bordes*

Maka nilainya adalah  $R_{PB} = R_{PA} = 2373,78 \text{ kg}$

**Beban Merata**



*Pembebanan beban Merata pada Balok Bordes*

$$\begin{aligned}
 R_{qA} &= R_{qB} = \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 1731,11 \times 3,5 \\
 &= 3029,45 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Gaya Dalam :

a. Momen Maksimum (Mu)

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= R_a \times 1,65 + \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \\ &= 2373,78 \times 1,65 + \frac{1}{8} \times 1731,1 \times 3,5^2 \\ &= 6567,51 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Gaya Geser (Vu)

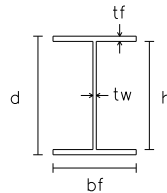
$$\begin{aligned} \text{Vu} &= R_q + R_p \\ &= 2373,78 + 3029,45 = 5403,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Kontrol Penampang :**

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{190}{7} = 27,143$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 27,143 &< 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,95 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

- *Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)*

### **Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :**

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 535 \times 2500 \\ &= 1336930 \text{ kg.cm} = 13369,3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} \mu &< \phi M_n \\ 6567,5 &< 0,9 \times 13369,3 \\ 6567,5 &< 12032,37 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$  *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

### **Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang dari balok yang dikekang oleh balok utama tangga yaitu 165 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 165 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,18 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 208,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left( (2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left( (2 \times 175 \times 11^3) + ((244 - 2 \times 11) \times 7^3) \right) \\ &= 180665,33 \text{ mm}^4 = 18,067 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{150}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{190 \times 7}{175 \times 11} \right)}} \\ &= 47,839 \text{ mm} = 4,784 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$h_o = d - t_f = 244 - 11 = 233 \text{ mm} = 23,3 \text{ cm}$$

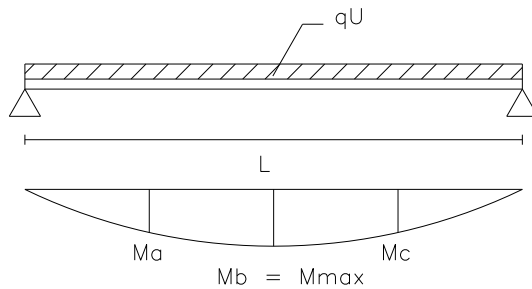
$$\begin{aligned} L_r &= 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6.67 \left( \frac{0.7 F_y}{E} \right)^2}} \\ &= 1.95 \times 3,944 \frac{2 \times 10^6}{0.7 \times 2500} \sqrt{\frac{18,07 \times 1}{502 \times 23,3} + \sqrt{\left( \frac{18,07 \times 1}{502 \times 23,3} \right)^2 + 6.67 \left( \frac{0.7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\ &= 595,05 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

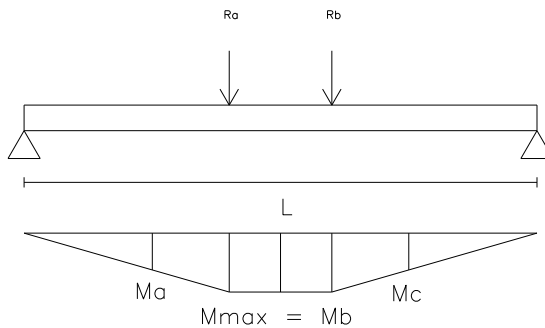
$$\begin{array}{rclclcl} L_p & < & L_b & < & L_r \\ 208,08 & < & 165 & < & 593,05 \rightarrow \text{Bentang Menengah} \end{array}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 535 \times 2500 \\ &= 1336930 \text{ kg.cm} = 13369,3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.51** Pembagian Momen pada Beban Merata



**Gambar 4.52** Pembagian Momen pada Beban Terpusat

- a. Momen di  $\frac{1}{4}$  Bentang ( $M_a$ )

Beban Merata

$$M_a = \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left( \frac{1}{8} \times 1731,11 \times 3,5^2 \right) \times \frac{3}{4}$$

$$= 1988,08 \quad \text{kg.m}$$

Beban Terpusat

$$M_a = R_p \times \frac{L}{4} = 2373,78 \times \frac{3,5}{4} = 2077,06 \text{ kg.m}$$

$$M_{a \text{ Total}} = 1988,08 + 2077,06 = 4065,13 \text{ kg.m}$$

- b. Momen di  $\frac{1}{2}$  Bentang ( $M_b$ )

Beban Merata

$$M_b = \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 1731,11 \times 3,5^2 \right)$$

$$= 2650,77 \quad \text{kg.m}$$

Beban Terpusat

$$M_b = R_p \times \frac{L}{2} - R_a \times 0,10$$

$$= 2373,78 \times \frac{3,5}{2} - 2373,78 \times 0,10$$

$$= 3916,74 \text{ kg.m}$$

$$M_{b \text{ Total}} = 2650,77 + 3916,74 = 6567,51 \text{ kg.m}$$

- c. Momen di  $\frac{3}{4}$  Bentang ( $M_c$ )

Beban Merata

$$M_c = \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left( \frac{1}{8} \times 1731,11 \times 3,5^2 \right) \times \frac{3}{4}$$

$$= 1988,08 \quad \text{kg.m}$$



Beban Terpusat

$$M_c = R_p \times \frac{L}{4} = 2369,45 \times \frac{3,5}{4} = 2073,27 \text{ kg.m}$$

$$M_{c \text{ Total}} = 1988,07 + 2077,06 = 4065,13 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{Max}}{2,5 M_{Max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\ &= \frac{12,5 \times 6567,51}{2,5 \times 6567,51 + 3 \times 4065,13 + 4 \times 6567,51 + 3 \times 4065,13} \\ &= 1,224 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\ &= 1,22 \left[ 1336930 - (1336930 - 0,7 \times 2500 \times 502) \left( \frac{165 - 208}{593,1 - 208,1} \right) \right] \leq M_p \\ &= 1692956,5 \text{ kg.cm} \leq M_p \\ &= 16989,6 \text{ kg.m} \leq 13369,3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Karena nilai  $M_n$  Bentang Menengah melebihi nilai  $M_p$ , maka nilai yang diambil adalah nilai  $M_p$  sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu < \phi M_n \\ 6567,5 < 0,9 \times 13369,3 \\ 6567,5 < 12032,37 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Menengah* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\emptyset = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $C = 1, I$  Simetris (Pasal F2 pers.(F2-8b) SNI 1729:2015)

### **Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{tw} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{190}{7} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$27,14 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 17,1 \times 1,0 = 25620 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

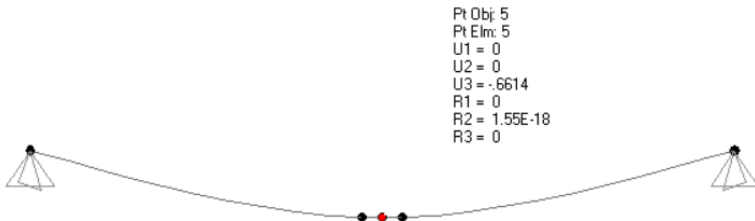
$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi V_n \\
 5403,2 & < & 0.9 \times 25620 \\
 5403,2 & < & 23058 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK}
 \end{array}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Lendutan :**

Balok Penumpu Tangga diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$ , berikut perhitungannya :



**Gambar 4.53** Hasil Lendutan Balok Bordes dengan Program Bantu SAP 2000

Dari Hasil Output SAP 2000, didapatkan nilai lendutan sebesar :

$$f = 0,662 \text{ cm}$$

$$f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{165}{360} = 0,972 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{maks} \\
 0,662 & < & 0,972 \\
 0,662 & < & 0,972 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

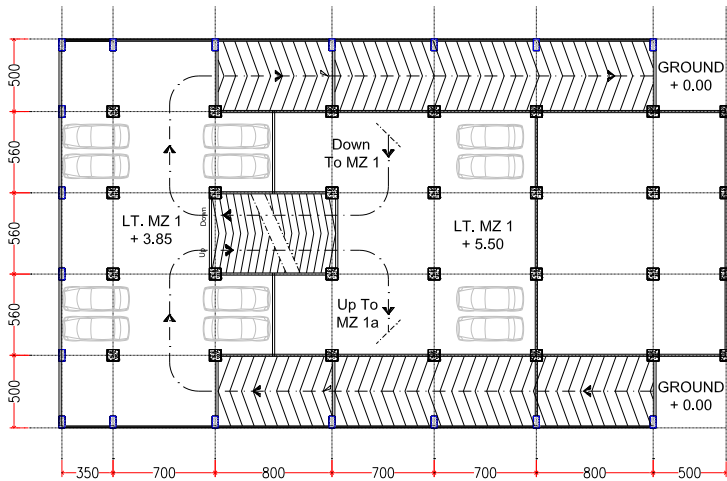
Sehingga Profil WF 250 x 175 x 7 x 11, dapat digunakan sebagai balok bordes.

**Tabel 4.3** Rekapitulasi Profil Tangga

No	Fungsi	Ukuran Profil
1	Pelat Anak Tangga	Tebal 4 mm
2	Pelat Bordes	Tebal 7 mm
3	Pengaku Anak Tangga	L 50 x 50 x 4
4	Balok Bordes	WF 100 x 50 x 7 x 5
5	Balok Utama Tangga	WF 200 x 150 x 6 x 9
6	Balok Penumpu Tangga	WF 250 x 175 x 7 x 11

## 4.7 Perencanaan Ramp

Ramp Merupakan sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada Gedung Hotel Grand Dafam Kayoon, fungsi Ramp sebagai akses keluar dan masuknya kendaraan bermotor.



**Gambar 4.54** Denah Ramp pada Lantai Ground – Lantai MZ 1

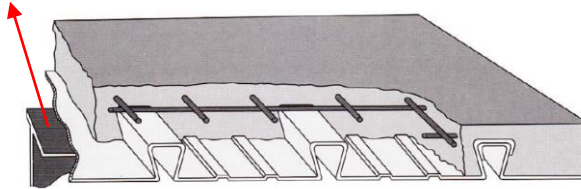
### 4.7.1 Perencanaan Pelat Ramp

Pelat Ramp direncanakan menggunakan bondek dengan tabel perencanaan praktis dari PT SUPER STEEL INDAH. Pelat bondek yang akan digunakan berdasarkan borsur *Super Floor Deck* dengan keterangan sebagai berikut :

- Struktur lantai direncanakan tanpa menggunakan penyangga (*no props*) untuk bentang 1,75 – 2,5m, sedangkan untuk bentang 3 meter menggunakan penyangga.
- Tebal Bondek sendiri adalah 0.75 mm.
- Mutu Beton yang digunakan adalah  $f'c$  25 MPa.

- Mutu Baja Tulangan U-48
- Tulangan menggunakan Wiremesh dari PT.Union Metal

BALOK PENGAKU

**Gambar 4.55** Perencanaan Perletakan Pelat Ramp

Super Flor Deck 0,75 mm		BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT													
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M2		200		300		400		500		600		700		1000	
TIANG PENYANGGA PROPPING	BENTANG SPAN m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm <sup>2</sup> /m
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1,50	9	0,59	9	0,73	9	0,85	9	0,98	9	1,11	9	1,31	9	1,65
	1,75	9	0,81	9	0,99	9	1,17	9	1,35	9	1,53	9	1,81	10	2
	2,00	9	1,07	9	1,31	9	1,55	9	1,79	9	2,03	9	2,39	10	2,65
	2,25	9	1,37	9	1,68	9	1,98	9	2,3	9	2,6	9	3,08	11	3,04
	2,50	9	1,71	9	2,09	9	2,48	9	2,86	9	3,25	10	3,39	14	2,92
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2,75	9	2,09	9	2,25	9	3,02	10	3,11	11	3,18	12	3,39	15	3,33
	3,00	9	2,51	9	3,07	9	3,25	11	3,38	12	3,49	13	3,75		
	3,25	10	2,70	10	3,27	10	3,84	12	3,67	12	3,82	14	4,12		
	3,50	11	2,90	11	3,49	11	4,09	12	4,29	13	4,46	15	4,51		
	3,75	11	3,36	11	4,04	11	4,73	13	4,61	14	4,81				
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	4,00	12	3,59	12	4,28	12	4,99	14	4,93	15	5,17				
	4,50	13	4,34	13	5,14	14	5,58	15	5,95						
	5,00	15	4,90	15	5,73	15	6,58								

**Gambar 4.56** Tabel Perencanaan Praktis Bentang Bondex

Keterangan :

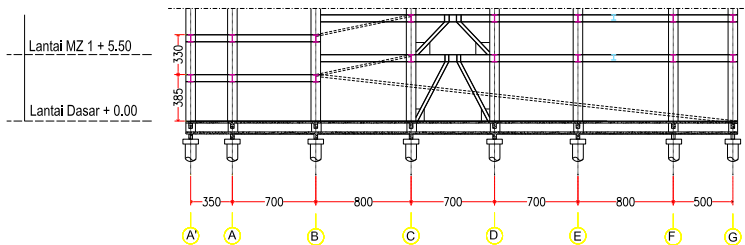
- Tabel Perencanaan Praktis di dapatkan dari brosur PT SUPER STEEL INDAH

Data Perencanaan :

- Tinggi Lantai (y) = 385 cm
- Panjang Ramp (x) = 3300 cm
- Lebar Ramp = 560 cm
- Kemiringan Ramp ( $\alpha$ )

$$a = \text{arc tg } \frac{y}{x} = \text{arc tg } \frac{385}{3300} = 6,65^\circ$$

- Berat Jenis Baja = 7850 kg/cm<sup>3</sup>
- BJ 41
- $f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$
- $f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$
- $E = 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$



**Gambar 4.57** Tampak Potongan dari Rencana Ramp

Perencanaan pembebanan pelat ramp :

Beban Mati (qD) :

- Berat Aspal (t = 2cm) =  $2 \times 14 \text{ kg/m}^2 = 28 \text{ kg/m}^2$
- Berat Spesi (t = 2cm) =  $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$

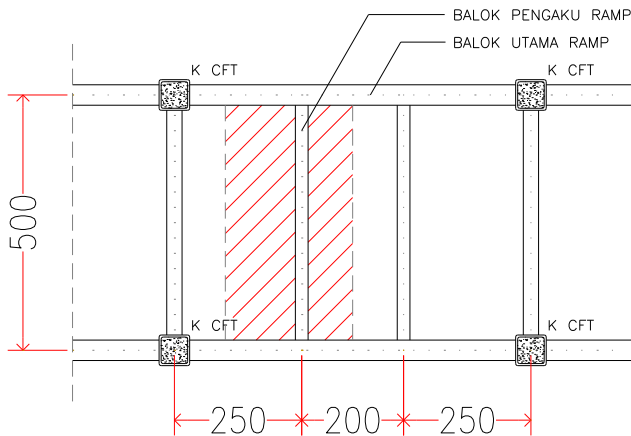
$$qD \text{ Total} = 70 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (qL) (PPIUG 1983 Tabel 3.1) :

- Lantai Ramp (  $800 \text{ kg/m}^2$  ) =  $800 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

$$\begin{aligned}
 - q_U &= q_D + q_L \\
 &= 70 + 800 = 870 \text{ kg/m}^2 \quad \approx 1000 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.58** Denah Rencana Pelat Ramp

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,5 m
- Beban Berguna = 1000 kg/m<sup>2</sup>
- Tebal Pelat = 14 cm
- Tulangan negatif = 2,92 cm<sup>2</sup>/m

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 8 mm



$$\begin{aligned}
 - \quad A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,2655 \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

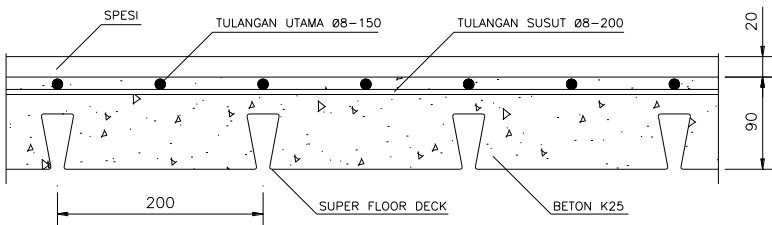
Jumlah Antar Tulangan (n) :

$$- \quad n = \frac{2,92}{0,503} = 5,809 \text{ Buah}$$

Jarak Antar Tulangan per meter ( s ) :

$$- \quad s = \frac{1000}{5,809} = 172,1 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran  $\emptyset 8 - 200$



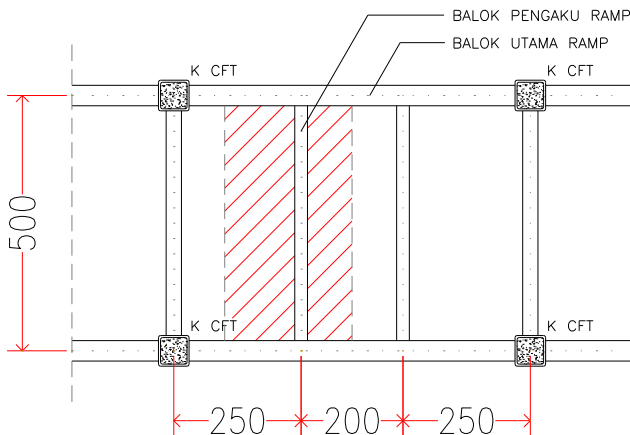
**Gambar 4.59** Penulangan Pelat Ramp

#### 4.7.2 Perencanaan Balok Pengaku Ramp

Pada Lantai Ramp, balok pengaku diencanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11, dengan data profil sebagai berikut :

d	=	350	mm	ix	=	14,7	cm
bf	=	175	mm	iy	=	3,95	cm
tf	=	11	mm	Zx	=	841	cm <sup>3</sup>
tw	=	7	mm	Zy	=	169	cm <sup>3</sup>
A	=	63,1	cm <sup>2</sup>	Sx	=	775	cm <sup>3</sup>
w	=	49,6	kg/m	Sy	=	112	cm <sup>3</sup>
Ix	=	13600	cm <sup>4</sup>	r	=	14	cm
Iy	=	984	cm <sup>4</sup>	h	=	300	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh ( $f_y$ ) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



**Gambar 4.60** Pembebanan Balok Pengaku Ramp

Beban-Beban yang Bekerja :

**Beban Mati (qD) :**

- Beban Mati Pelat Lantai	= 70 kg/m <sup>2</sup>
- Berat Bondex	= 10,1 kg/m <sup>2</sup>
- Berat Pelat Beton 0.14 x 2400 kg/m <sup>2</sup>	= 336 kg/m <sup>2</sup>
	<hr/>
	= 416,1 kg/m <sup>2</sup>
- Alat Penyambung dll (10%)	= 41,61 kg/m <sup>2</sup>
	<hr/>
qD <sub>1</sub>	= 457,71 kg/m <sup>2</sup>

- Beban Mati Merata	
qD <sub>1</sub> x Ly = 457,71 kg/m <sup>2</sup> x 2,5 m	= 1144,3kg/m

- Berat Profil	<hr/>
	= 49,6 kg/m

qD Total	= 1193,9 kg/m
----------	---------------

maka, nilai qD Total adalah 1193,9 kg/m

**Beban Hidup (qL) (PPIUG 1983 Tabel 3.1) :**

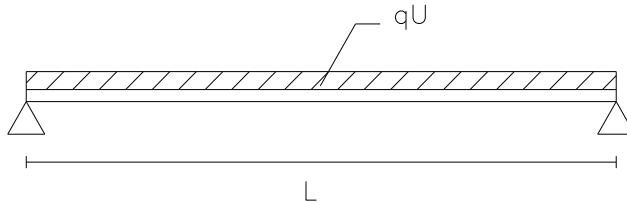
- Berat Lantai	
800 kg/m <sup>2</sup> x 2,5 m	= 2000 kg/m

Maka, nilai qL adalah 2000 kg/m

**Beban Terfaktor (qU)**

- qU = 1.2 qD + 1.6 qL	
= 1.2 x 1193,9 + 1.6 2000	= 4632,7 kg/m

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Pengaku :



Momen ( $M_u$ ) :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 4632,7 \times 5^2 \\ &= 14477 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Gaya Geser ( $V_u$ ) :

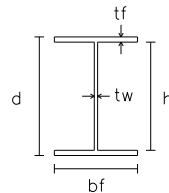
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 4632,7 \times 5 \\ &= 11581,6 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

**Kontrol Penampang :**

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{11} = 42,857$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,857 < 106,35 \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,95 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :**

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 841 \times 2500 \\ &= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 14477 &< 0.9 \times 21021,2 \\ 14477 &< 18919,06 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 3,95 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 196,63 \text{ cm} \end{aligned}$$

### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 196,63 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 841 \times 2500 \\ &= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

### Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu_u & < & \phi M_n \\ 14477 & < & 0,9 \times 21021,2 \\ 14477 & < & 18919,06 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

### *Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{300}{7} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 42,86 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 24,5 \times 1,0 = 36750 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Cek Persyaratan Desain**

$V_u$	<	$\phi V_n$
11581,6	<	$0,9 \times 36750$
11581,6	<	33075 Kg $\longrightarrow$ ....OK

**Keterangan :**

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Lendutan :**

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$ , berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{31,9 \times 500^4}{2000000 \times 13600} = 0,96 \text{ cm} \\
 - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1,389 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

**Cek Persyaratan Desain**

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 0,96 & < & 1,389 \\
 0,96 & < & 1,389 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

Sehingga Profil WF 350 x 175 x 7 x 11, dapat digunakan sebagai balok pengaku pada pelat Ramp.

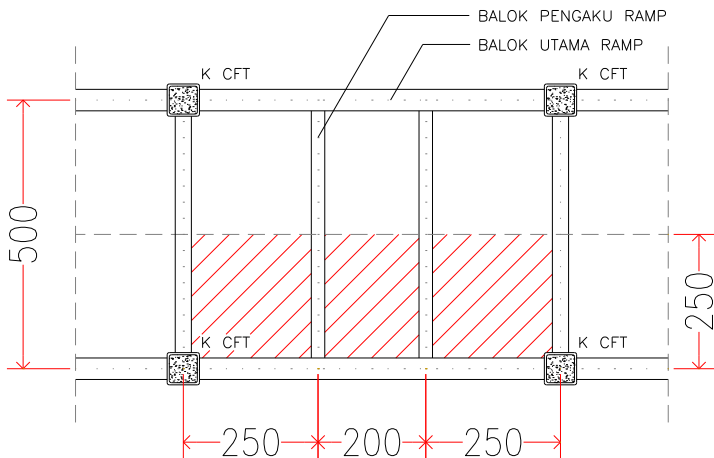


#### 4.7.3 Perencanaan Balok Utama Ramp

Pada Utama Ramp, balok diencanakan menggunakan profil WF 450 x 200 x 9 x 14, dengan data profil sebagai berikut :

d	=	450	mm	ix	=	16,8	cm
bf	=	200	mm	iy	=	4,54	cm
tf	=	14	mm	Zx	=	1826	cm <sup>3</sup>
tw	=	9	mm	Zy	=	260	cm <sup>3</sup>
A	=	96,8	cm <sup>2</sup>	Sx	=	1190	cm <sup>3</sup>
w	=	76,0	kg/m	Sy	=	1174	cm <sup>3</sup>
Ix	=	33500	cm <sup>4</sup>	r	=	16	cm
Iy	=	1740	cm <sup>4</sup>	h	=	342	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh ( $f_y$ ) 250 MPa dan beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



**Gambar 4.61** Pembebanan pada balok utama ramp

### Perencanaan Pembebanan

#### Beban Mati ( $q_D$ )

- Beban mati pelat	=	70	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Bondek	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Pelat $0.09 \times 2400 \text{ kg/cm}^3$	=	336	kg/m <sup>2</sup>
	=	416,1	kg/m <sup>2</sup>
- Alat Penyambung dll. (10%)	=	41,61	kg/m <sup>2</sup>
	$q_{D1}$	=	457,71 kg/m <sup>2</sup>

#### - Beban Mati Merata

$$q_{D1} \times L_y = 457,71 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 1144,28 \text{ kg/m}$$

#### - Balok Pengaku

$$\frac{49,6 \times 2 \times 2,5}{7,0} = 35,43 \text{ kg/m}$$

#### - Berat Sendiri profil

$$q_D = \frac{76,0}{1225,8} \text{ kg/m}$$

#### Beban Hidup ( $q_L$ )

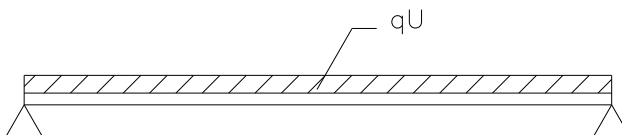
##### - Beban Hidup Tangga (*PPIUG 1983 Tabel 3.1*)

$$q_L = 800 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 = 2000 \text{ kg/m}$$

#### Beban Ultimate ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \cdot 1225,8 + 1,6 \cdot 2000 = 4706,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### Perhitungan Gaya Dalam pada Balok Utama Ramp



$$M_U = \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 4706,8 \times 7^2 \right)$$

$$= 2829,4 \text{ kg.m}$$

$$V_U = \left( \frac{1}{2} \times qU \times L \right) = \left( \frac{1}{2} \times 4706,8 \times 7 \right)$$

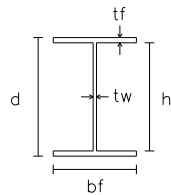
$$= 16474 \text{ kg}$$

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal

#### Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{374}{14} = 26,714$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



#### Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{28} = 7,14$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

### Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$26,714 < 106,35 \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,143 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

*Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)*

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1621 \times 2500 \\ &= 4053723 \text{ kg.cm} = 40537,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} \mu &< \phi M_n \\ 28829,4 &< 0,9 \times 40537,2 \\ 28829,4 &< 36483,5 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$  *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*
- 

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang dari balok yang dikekang lateral oleh balok pengaku ramp yaitu 250 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 250 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 &= 1,76 \times 4,4 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 219,03 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J &= \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left( (2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right) \\
 &= \frac{1}{3} \left( (2 \times 200 \times 14^3) + ((450 - 2 \times 14) \times 9^3) \right) \\
 &= 468412,67 \text{ mm}^4 = 46,841 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{374 \times 9}{200 \times 14} \right)}} \\
 &= 52,697 \text{ mm} = 5,27 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$h_o = d - t_f = 450 - 14 = 436 \text{ mm} = 43,6 \text{ cm}$$

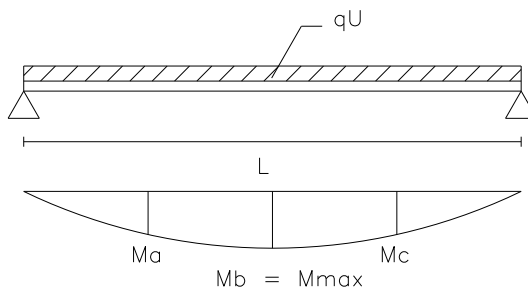
$$\begin{aligned}
 L_r &= 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6.67 \left( \frac{0.7 F_y}{E} \right)^2}} \\
 &= 1.95 \times 5,33 \frac{2 \times 10^6}{0.7 \times 2500} \sqrt{\frac{46,84 \times 1}{1490 \times 43,6} + \sqrt{\left( \frac{46,84 \times 1}{1490 \times 43,6} \right)^2 + 6.67 \left( \frac{0.7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\
 &= 446,77 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$\begin{array}{llll}
 L_p & < & L_b & > & L_r \\
 219,03 & < & 250 & > & 446,77 \rightarrow \text{Bentang Menengah}
 \end{array}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1621 \times 2500 \\ &= 4053723 \text{ kg.cm} = 40537,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.62** Pembagian Momen pada Balok Bordes

a. Momen di  $\frac{1}{4}$  Bentang ( $M_a$ )

$$\begin{aligned} M_a &= \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left( \frac{1}{8} \times 4706,84 \times 7^2 \right) \times \frac{3}{4} \\ &= 21622,07 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Momen di  $\frac{1}{2}$  Bentang ( $M_b$ )

Beban Merata

$$\begin{aligned} M_b &= \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left( \frac{1}{8} \times 4706,84 \times 7^2 \right) \\ &= 28829,42 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

c. Momen di  $\frac{3}{4}$  Bentang ( $M_c$ )

Beban Merata

$$M_c = \left( \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left( \frac{1}{8} \times 4706,84 \times 7^2 \right) \times \frac{3}{4}$$

$$= 21622,07 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{Max}}{2,5 M_{Max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$= \frac{12,5 \times 28829,42}{2,5 \times 28829,42 + 3 \times 21622,07 + 4 \times 28829,42 + 3 \times 21622,07}$$

$$= 1,136$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 1,136 \left[ 4053723 - (4053723 - 0.7 \times 2500 \times 1490) \left( \frac{250 - 219,03}{446,8 - 219,03} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 4383034 \text{ kg.cm} \leq M_p$$

$$= 43830,34 \text{ kg.m} \leq 40537,2$$

Karena nilai  $M_n$  Bentang Menengah melebihi nilai  $M_p$ , maka nilai yang diambil adalah nilai  $M_p$  sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_u & < & \phi M_n \\ 28829,4 & < & 0.9 \times 40537,2 \\ 28829,4 & < & 36483,5 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Menengah* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $C = 1, 1$  Simetris (Pasal F2 pers.(F2-8b) SNI 1729:2015)

### Kontrol Kuat Geser :

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{374}{9} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 41,56 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 41 \times 1,0 = 60750 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} V_u & < & \phi V_n \\ 16474 & < & 0.9 \times 60750 \\ 16474 & < & 54675 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)



- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

### **Kontrol Lentutan :**

Balok Bordes diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lentutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$ , berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{32,6 \times 700^4}{2000000 \times 33500} = 1,52 \text{ cm} \\
 - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,944 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 1,52 & < & 1,944 \\
 1,52 & < & 1,944 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK}
 \end{array}$$

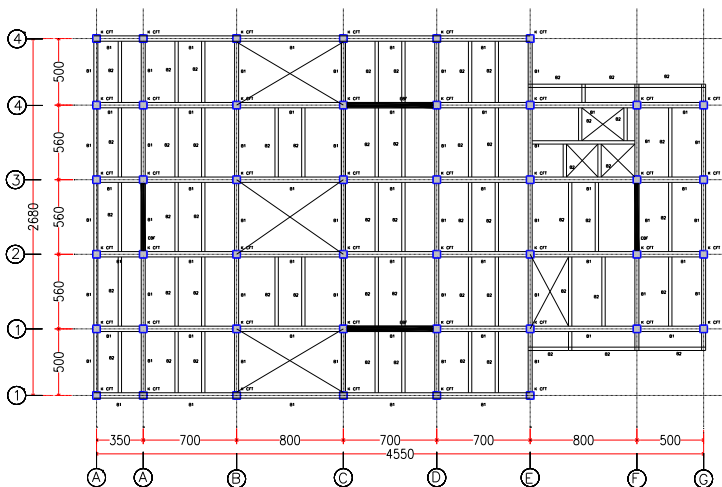
Sehingga Profil WF 450 x 200 x 9 x 14, dapat digunakan sebagai Balok Utama Ramp.

## BAB V

### PERMODELAN STRUKTUR

#### 5.1 Penjelasan Umum

Permodelan Struktur pada tugas akhir ini menggunakan Sistem Rangka Bresing Ekstenterik (SRBE). Struktur rangka bresing eksentrik berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan Hotel yang terdiri dari 20 Lantai dengan Atap Rangka Baja dan Pelat Dak Beton. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



**Gambar 5.1** Denah Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya

Pada Gambar 5.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar.

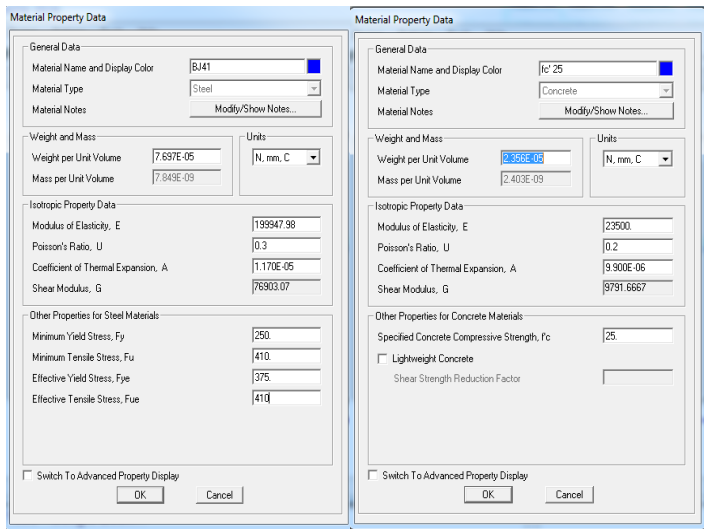
Bresing yang dipergunakan pada tugas akhir ini adalah tipe bresing eksentrik dengan konfigurasi *inverted v*.

Permodelan struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000 v14. Program ini akan membantu dalam permodelan gedung dengan kondisi yang nyata dan beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mendesain apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI-1726-2012 (Gempa) dan SNI-1729-2015 (Baja).

5.2 Permodelan Struktur

5.2.1 Data Material

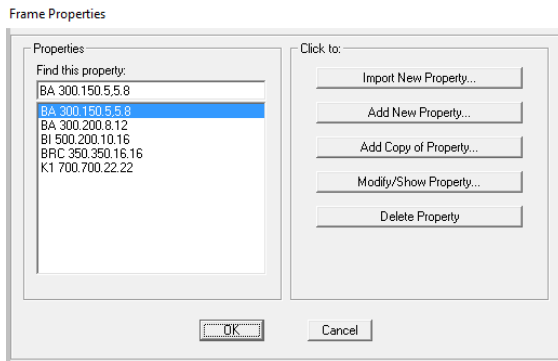
Data material pada SAP 2000v14 adalah data material dari elemen struktur baja dan beton yang akan di inputkan kedalam permodelan SAP2000v14. Data Material yang diinput berupa kuat tekan, kuat leleh, kuat tarik, dan Modulus Penampang dari material tersebut. Salah satu proses menginput data material pada SAP2000v14 dapat dilihat pada Gambar 5.2



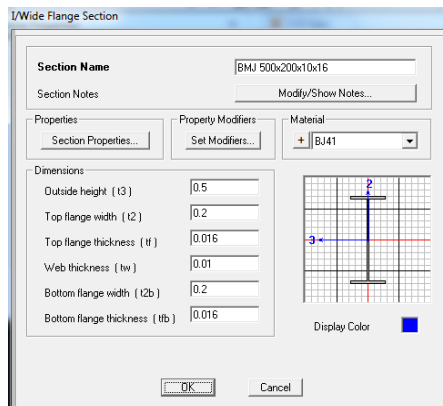
Gambar 5.2 Input Data Material pada SAP2000v14

### 5.2.2 Data Elemen Struktur

Data elemen struktur adalah data-data elemen struktur yang akan digunakan pada permodelan pada SAP2000v14, misalnya elemen kolom, balok, bressing dan link beam. Data elemen yang akan di input berupa dimensi dan material dari elemen. Proses menginput data-data elemen struktur dapat dilihat pada gambar berikut :

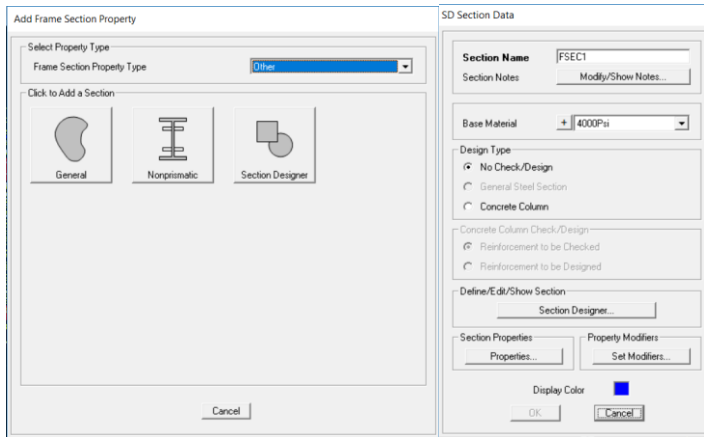


**Gambar 5.3** Input jenis elemen struktur pada SAP2000v14

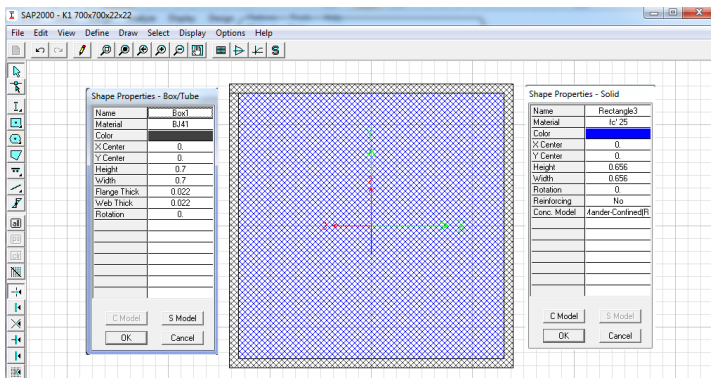


**Gambar 5.4** Input dimensi dlemen dan material pada SAP2000v14

Untuk menginput data elemen komposit seperti Kolom CFT (Concrete Filled Tube) dalam permodelan SAP 2000v14 memiliki tahapan yang berbeda. Dimensi Kolom CFT di input pada option section designer dengan proses input seperti pada Gambar 5.5 dan elemen struktur balok pada Gambar 5.6.



**Gambar 5.5** Option section designer untuk profil buatan pada SAP2000v14



**Gambar 5.6** Input dimensi kolom CFT pada SAP2000v14

### 5.2.3 Besaran Massa

Besaran massa elemen struktur (mass source) adalah massa struktur pada SAP 2000v14 yang digunakan pada perhitungan massa untuk analisa modal. Dalam peninjauan pembebanan gempa massa total struktur terdiri dari berat sendiri struktur dan beban hidup yang dikalikan dengan faktor reduksi 0,5.

Define Mass Source

Mass Definition

☐ From Element and Additional Masses  
☒ From Loads  
☐ From Element and Additional Masses and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

Load	Multiplier
LIVE	0.5
DEAD	1
LIVE	0.5

Add

Modify

Delete

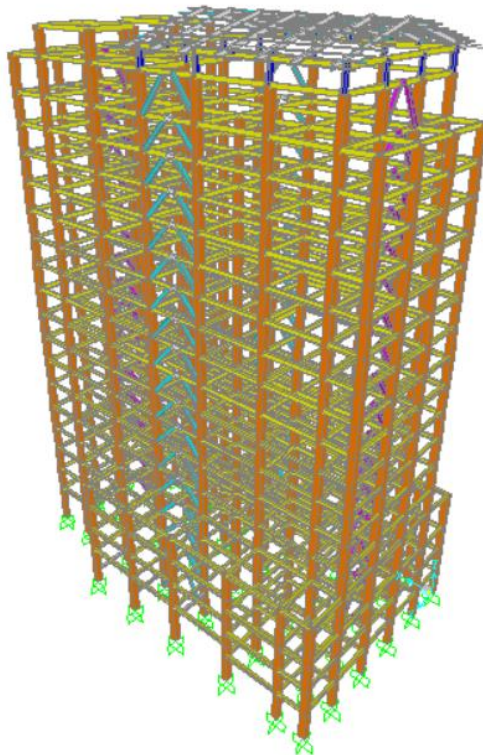
OK Cancel

**Gambar 5.7** Input mass source pada SAP2000v14

#### 5.2.4 Permodelan Struktur 3 Dimensi

Permodelan Struktur 3 Dimensi bertujuan agar desain bangunan pada saat permodelan tampak seperti kondisi nyata di lapangan dengan pembebanan yang lebih detail jika dibandingkan dengan permodelan 2D.

Berikut adalah permodelan 3 dimensi pada Gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya menggunakan program bantu SAP2000v14 :



**Gambar 5.8** Permodelan 3 dimensi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya

### 5.3 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan pada struktur utama gedung hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya diambil berdasarkan peraturan yang berlaku, peraturannya adalah sebagai berikut :

- SNI 1727:2013      (*Pembebanan Gedung dan Struktur Lain*)
- ASCE 7 – 10      (*Minimum Design Load*)
- PPIUG 1983      (*Peraturan Pembebanan Gedung*)

Beban yang di input pada gedung terbagi menjadi 4 beban dengan rincian sebagai berikut :

#### a. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang di input pada struktur ini antara lain :

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Berat pelat bondek sebesar  $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, balok, dan bresing dengan massa jenis sebesar  $7850 \text{ kg/m}^3$ .
- Beban dinding bata ringan sebesar  $75 \text{ kg/m}^2$
- Beban spesi sebesar  $22 \text{ kg/m}^2$  untuk setiap ketebalan 1 cm.
- Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar  $20 \text{ kg/m}^2$ .
- Beban penggantung sebesar  $10 \text{ kg/m}^2$ .
- Beban plafon sebesar  $5 \text{ kg/m}^2$ .
- Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir.

#### b. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan



dan Rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

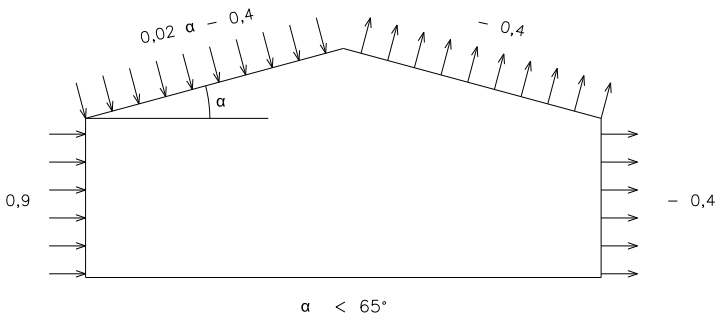
- Lantai Atap	=	97,86	kg/cm <sup>2</sup>
- Lantai Parkir	=	400	kg/cm <sup>2</sup>
- Lantai Ballroom	=	488,3	kg/cm <sup>2</sup>
- Lantai Hunian	=	488,3	kg/cm <sup>2</sup>
- Lantai Kantor	=	244,65	kg/cm <sup>2</sup>

c. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari website dinas Pekerjaan Umum (dengan lokasi input berada di Surabaya).

d. Beban Angin (*Wind Load*)

Besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan tergantung dari kecepatan angin, rapat massa udara, dan letak geografis, bentuk bangunan dan kekakuan struktur. Beban yang di input pada struktur berdasarkan rincian sebagai berikut :



Gambar 5.9 Koefisien angin gedung tertutup pada Tabel 4.1

PPIUG 1983

## 5.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pada struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya ini mempunyai jumlah lantai 20 tingkat dengan ketinggian 65,6 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

### 5.4.1 Penentuan Klasifikasi Situs

Penentuan jenis tanah untuk peninjauan gempa adalah data tanah pada lapisan setebal maksimum 30 m paling atas sesuai SNI 1726 : 2012.

Data tanah pada bangunan ini berada pada lampiran dan dirangkum berdasarkan kedalaman dari jenis tanah seperti yang terdapat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Rangkuman data tanah kedalaman 30 m

No	di	Tipe Tanah	N <sub>i</sub>
	(m)		
1	2,50	Lempung Berlanau	22
2	2,50	Lempung	13
3	2,50	Lempung Berpasir	23
4	6,00	Pasir Padas	23
5	3,00	Lanau Lempung Berpasir	18
6	4,50	Lempung Lanau	21
7	9,00	Lempung Berpasir	25

Dari data tanah tersebut didapatkan bahwa jenis tanah yang akan digunakan berjenis Lempung (Tanah Lunak), maka perlu adanya spesifikasi hasil test laboratoriuun untuk mengklasifikasi jenis tanah tersebut, berikut adalah rangkuman hasil test laboratorium :

**Tabel 5.2** Rangkuman hasil Test Tanah Laboratorium

<b>Depth</b>	<b>d<sub>i</sub></b>	<b>IP</b>	<b>W<sub>c</sub></b>
<b>m</b>	<b>m</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
7,50	2,50	26,14	48,67
	2,50		
	2,50		
15,00	6,00	15,82	50,82
	3,00		
22,50	4,50	34,70	48,52
	9,00		
30,00		37,12	46,19

Berdasarkan Tabel 3 Klasifikasi Situs pada SNI 1726 : 2012 tentang gempa, didapatkan data klasifikasi situs Tanah Lunak (SE) dengan keterangan sebagai berikut :

- Indek Plastisitas (IP) > 20 %
- Kadar Air, (W<sub>c</sub>) ≥ 40 %
- Kuat Geser Niralir S<sub>n</sub> < 25 Kpa

Maka , dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa tanah termasuk kategori Tanah Lunak (SE) sebagai acuan perhitungan gempa.

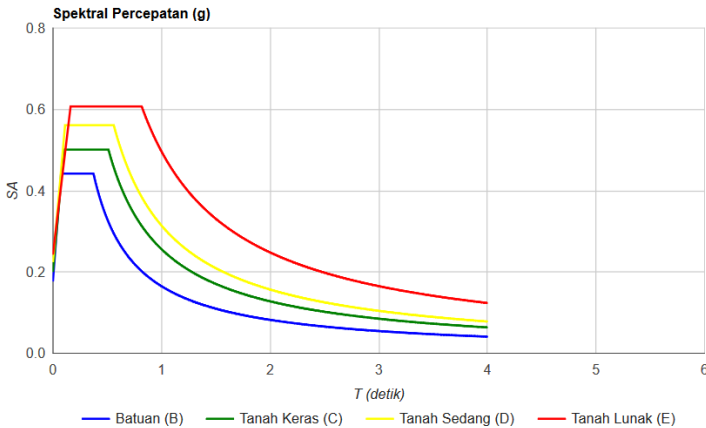
#### 5.4.2 Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE) :

**Tabel 5.3** Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs SE (Tanah Lunak)

<b>Varaibel</b>	<b>Nilai</b>
<b>PGA (g)</b>	0,325
<b>S<sub>S</sub> (g)</b>	0,663
<b>S<sub>1</sub> (g)</b>	0,247
<b>F<sub>A</sub></b>	1,374
<b>F<sub>V</sub></b>	3,012
<b>S<sub>MS</sub> (g)</b>	0,911
<b>S<sub>MI</sub> (g)</b>	0,744
<b>S<sub>DS</sub> (g)</b>	0,607
<b>S<sub>D1</sub> (g)</b>	0,496
<b>T<sub>0</sub> (detik)</b>	0,163
<b>T<sub>S</sub> (detik)</b>	0,817

Dengan Grafik Spektral Percepatan Gempa seperti pada Gambar 5.10 , yaitu sebagai berikut :



**Gambar 5.10** Grafik Spektral Percepatan Gempa wilayah Surabaya

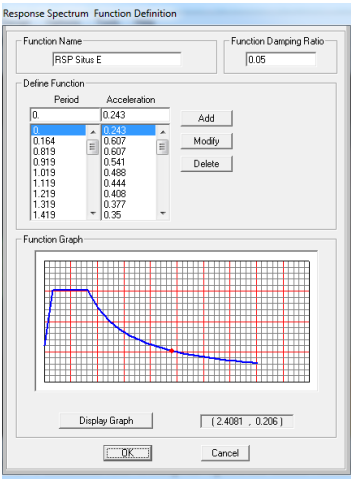
### 5.4.3 Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

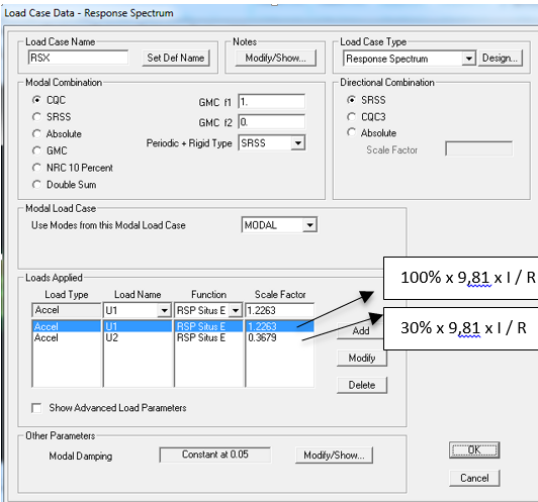
- Gempa Respon Spektrum X :  
100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

Dalam input pembebanan gempa dinamis dalam SAP 2000v14 dengan menggunakan option fungsi dari respon spectrum yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan input *load cases*

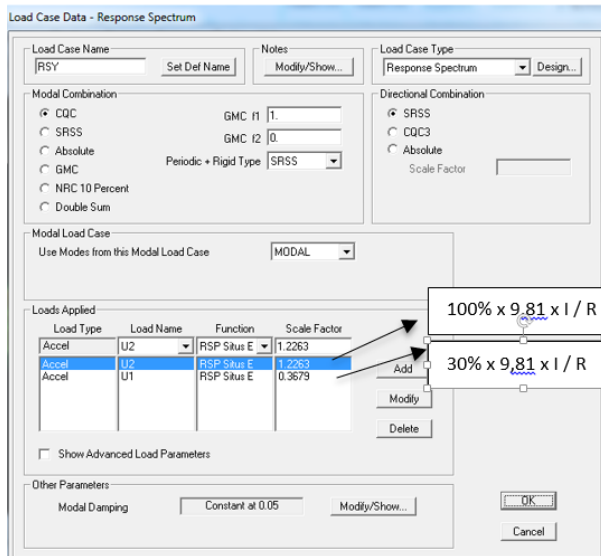
pembebanan gempa dengan meninjau faktor reduksi gempa, faktor keutamaan dan arah pembebanan (Gambar 5.12 dan 5.13)



Gambar 5.11 Grafik Respon Spektrum Situs E Surabaya



Gambar 5.12 Pembebanan gempa dinamis arah X



**Gambar 5.13** Pembebanan gempa dinamis arah Y

#### 5.4.4 Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) dengan struktur keseluruhan menggunakan material baja. Berdasarkan Tabel 9 pada SNI 1726 : 2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) = 4, dan nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 8

#### 5.4.5 Faktor Keutamaan(I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$ . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hunian, kantor, dan acara publik dengan kapasitas besar. Pada Tabel 1 SNI 1726 : 2012 berdasarkan fungsi bangunan yang telah disebutkan sebelumnya, maka bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai  $I = 1$ .

#### 5.4.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 1726 : 2012 tentang bangunan tahan gempa sebagai berikut :

- $1 D + 1 L$
- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L$
- $1,2 D + 1 W + 1 L$
- $1,2 D + 1 L + 1 E_x$
- $1,2 D + 1 L + 1 E_y$
- $0,9 D + 1 E_x$
- $0,9 D + 1 E_y$

Keterangan :

D : Beban Mati

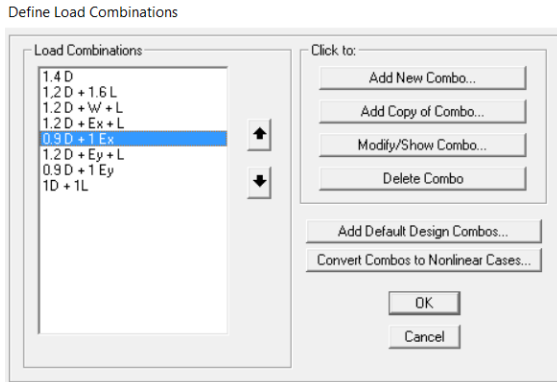
L : Beban Hidup lantai

E : Beban Gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

W : Beban Angin

Dalam input kombinasi pembebanan dalam SAP 2000v14 dengan menggunakan option *load combination* yang dapat dilihat pada Gambar 5.14

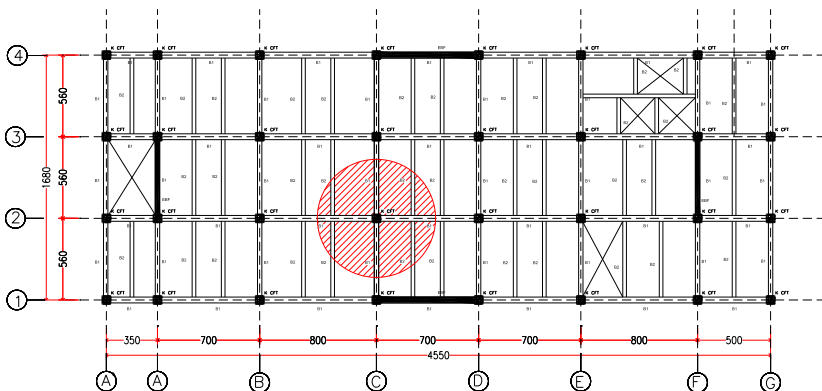




**Gambar 5.14** Kombinasi pembebanan

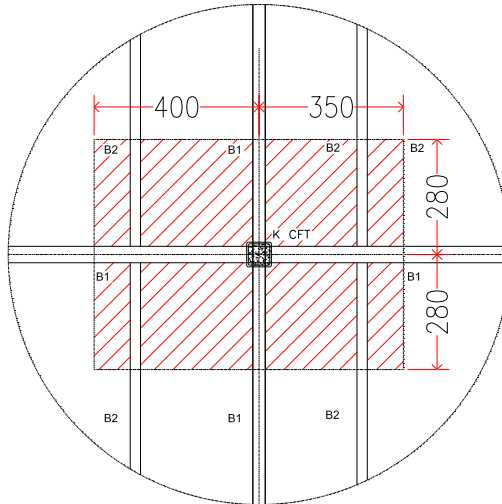
### 5.5 Kontrol Permodelan Struktur

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000 v14, untuk membuktikan hasil pemodelan struktur sesuai dengan kenyataan aslinya, perlu dilakukan pengecekan dengan perhitungan manual, dengan meninjau satu kolom, dengan kombinasi D+L.



**Gambar 5.15** Area pembebanan pada kolom yang ditinjau

Hasil dari analisa SAP 2000 v14 harus sesuai dengan perhitungan manual dengan batasan perbedaan 5 % . Adapun kolom yang ditinjau adalah sebagai berikut :



**Gambar 5.16** Detail area pembebanan pada kolom yang ditinjau

Keterangan Data :

- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Berat Jenis Baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>
- Berat Bata Ringan = 75 kg/m<sup>2</sup>
- Panjang Arah X = 2,5 m
- Panjang Arah Y = 2,8 m

Rincian pembebanan untuk Beban Pelat adalah:

a. Beban Mati

- Pelat Atap = 77 kg/m<sup>2</sup>
- Pelat Hunian = 101 kg/m<sup>2</sup>
- Pelat Ballroom = 101 kg/m<sup>2</sup>
- Pelat Parkir = 101 kg/m<sup>2</sup>
- Pelat Kantor = 100 kg/m<sup>2</sup>

[illegible]

**Tabel 5.6** Perhitungan Beban Kolom Beton

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah	b	h	L	Volume	Berat Jenis	Berat	Total Berat
			m	m	m	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg	kg
1	HSS 700.700.25.25	4	0,675	0,675	3,3	1,504	2400	3608,55	14434,20
2	HSS 700.700.25.25	1	0,675	0,675	3,6	1,640	2400	3936,60	3936,60
3	HSS 700.700.25.25	1	0,675	0,675	5,5	2,506	2400	6014,25	6014,25
4	HSS 600.600.25.25	8	0,575	0,575	3,3	1,091	2400	2618,55	20948,40
5	HSS 500.500.25.25	3	0,475	0,475	3,3	0,745	2400	1786,95	5360,85
<b>TOTAL (T<sub>3</sub>)</b>									<b>50694,30</b>

**Tabel 5.7** Perhitungan Beban Kolom Baja

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah	Luas	L	Volume	Berat Jenis	Berat	Total Berat
			m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg	kg
1	HSS 700.700.25.25	4	0,034	3,3	0,113	7850	890,5	3561,94
2	HSS 700.700.25.25	1	0,034	3,6	0,124	7850	971,4	971,44
3	HSS 700.700.25.25	1	0,034	5	0,172	7850	1349,2	1349,22
4	HSS 600.600.25.25	8	0,029	3,3	0,097	7850	761,0	6087,68
5	HSS 500.500.25.25	3	0,024	3,3	0,080	7850	631,4	1894,30
<b>TOTAL (T<sub>4</sub>)</b>								<b>13864,6</b>

**Tabel 5.8** Perhitungan Beban Balok

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah	L	Beban	Berat	Total
			m	kg/m	kg	kg
1	Balok Induk 7,5 m	29	7,5	128	960,0	27840,00
2	Balok Induk 5,6 m	29	5,6	128	716,8	20787,20
3	Balok Anak 2,8 m	3	2,8	36,7	102,8	308,28
4	Balok Anak 5,6 m	29	5,6	44,1	247,0	7161,84
<b>TOTAL (T<sub>5</sub>)</b>						<b>56097,32</b>

Maka Total Berat Bangunan pada Kolom yang ditinjau (1 D + 1 L) adalah sebesar 702544,54 kg

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1653	1D + 1L	Combination	551,66	-401,12	684466,6

**Gambar 5.17** Hasil output berat bangunan pada joint yang ditinjau

Hasil Berat Bangunan (1 D + 1 L) dari SAP 2000v14 adalah 684466,6 kg. selisih antara perhitungan manual dengan hasil output dari SAP 2000v14 adalah sebagai berikut :

$$\frac{\text{Output SAP - Manual}}{\text{Output SAP}} \times 100\%$$

$$\frac{684466,58 - 702544,54}{684466,58} \times 100\% = 0,014$$

$$2,6 \% < 5 \% \quad \text{..... OK!}$$

## 5.6 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000 v14, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726 : 2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

### 5.6.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 v14 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 5.8 berikut :

**Tabel 5.9** Rasio Partisipasi Massa Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,00	0,70
MODAL	Mode	2	0,73	0,71
MODAL	Mode	3	0,73	0,72
MODAL	Mode	4	0,73	0,72
MODAL	Mode	5	0,73	0,84
MODAL	Mode	6	0,85	0,84
MODAL	Mode	7	0,85	0,85
MODAL	Mode	8	0,86	0,90
MODAL	Mode	9	0,91	0,91
MODAL	Mode	10	0,94	0,91
MODAL	Mode	11	0,94	0,97
MODAL	Mode	12	0,98	0,97

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 91 % pada moda ke 9 dan partisipasi massa arah Y sebesar 91,3% pada moda ke 9. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI

1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

### 5.6.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ .

Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya ini dengan ketinggian 65,6 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan bresing eksentrik sehingga pada Tabel 15 SNI 1726:2012 didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} C_t &= 0,0731 \\ x &= 0,75 \\ h_n &= 65,6 \text{ m} \end{aligned}$$

maka :

$$T = 0,0731 \cdot 65,6^{0,75} = 1,685 \text{ s}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari Tabel 14 SNI 1726:2012, untuk nilai  $S_{D1} = 0,61$ , maka :

$$C_u \cdot T = 1,4 \cdot 1,685 = 2,359 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 v14 periode dan frekuensi struktur dapat dilihat pada Tabel 5.10

**Tabel 5.10** Periode dan Frekuensi Struktur

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	2,18	0,46
MODAL	Mode	2	2,10	0,48
MODAL	Mode	3	1,73	0,58
MODAL	Mode	4	1,29	0,78
MODAL	Mode	5	0,71	1,40
MODAL	Mode	6	0,68	1,47
MODAL	Mode	7	0,56	1,80
MODAL	Mode	8	0,39	2,58
MODAL	Mode	9	0,38	2,64
MODAL	Mode	10	0,25	3,93
MODAL	Mode	11	0,20	5,11
MODAL	Mode	12	0,13	7,66

Dari perhitungan sebelumnya didapat  $T_{\text{Min}} = 1,598$  s dan  $T_{\text{Maks}} = 2,359$  s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai  $T$  dari Output SAP *masih dalam batas Periode yang diijinkan*. Sehingga analisis struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya masih memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

### 5.6.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$\text{a. } C_{S1} = S_{DS} / (R / I_e) \quad \text{*Persamaan (22) pada SNI 1726:2012}$$



$$= 0,608 / (8 / 1)$$

$$= 0,0759$$

$$\begin{aligned} \text{b. } C_{S2} &= S_{D1} / (T_a \times (R / I_e)) \quad * \text{Persamaan (23) pada SNI 1726:2012} \\ &= 0,496 / (2,18 \times (8 / 1)) \\ &= 0,0284 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } C_{S3} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e &> 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,608 \times 1 &> 0,01 \\ &= 0,027 &> 0,01 \end{aligned}$$

*\*Persamaan (24) pada SNI 1726:2012*

#### Persyaratan Koefisien Seismik

*\*Pasal 7.8.1.1 pada SNI 1726:2012*

$$\begin{array}{ccc} C_{S2} & \geq & C_{S1} > C_{S3} \\ 0,0284 & \geq & 0,0759 > 0,027 \end{array}$$

Maka, Nilai  $C_s$  yang digunakan adalah 0,028

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya adalah :

**Tabel 5.11** Reaksi Dasar Struktur Bangunan

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D + 1L	Combination	6,83E-07	1,57E-07	15200961,5

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 6875077,6 kg Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0,0368 \cdot 15200961,5 \text{ kg} \\ &= 4232388,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 v14 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

**Tabel 5.12** Hasil Output Gaya Geser Akibat Beban Gempa

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	293507,01	89395,22
QUAKE Y	LinRespSpec	91292,39	286862,96

Cek Hasil Respon Spektrum :

Arah Gempa X

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\leq 85\% \cdot V_{\text{statik}} \\
 293507,01 \text{ kg} &\leq 85\% \cdot 432388,7 \text{ kg} \\
 293507,01 \text{ kg} &\leq 367530,36 \text{ kg} \quad \dots \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Arah Gempa Y

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\leq 85\% \cdot V_{\text{statik}} \\
 286862,96 \text{ kg} &\leq 85\% \cdot 432388,7 \text{ kg} \\
 286862,96 \text{ kg} &\leq 367530,36 \text{ kg} \quad \dots \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis Rspn Spektrum struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.8

#### 5.6.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (Drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i < \Delta_a$$

Dimana :

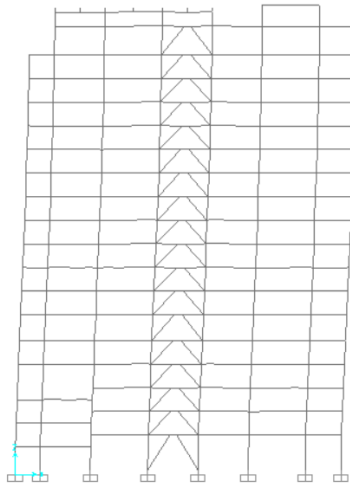
- $\Delta_i = (\delta_n - \delta_{n-1}) \times C_d / I_e$
- $\Delta_a = 0.02 \times h_{sx}$

- $\delta_n$  = Simpangan pada Lantai yang ditinjau
- $\delta_{n-1}$  = Simpangan pada Lantai Sebelumnya
- $C_d$  = Faktor Pembesaran Defleksi
- $I$  = Faktor Keutaman Gedung
- $h_{sx}$  = Tinggi Lantai yang ditinjau
- $n$  = Lantai ke- $n$  yang ditinjau

*Keterangan :*

- $C_d = 4$  \*Tabel – 9 pada SNI 1726:2012
- $I = 1$  \*Tabel – 2 pada SNI 1726:2012

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000 v14, diperoleh nilai simpangan pada struktur yang akan dikontrol sesuai dengan SNI 1726:2012. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14



**Gambar 5.18** Simpangan yang Terjadi pada Struktur

**Tabel 5.13 Kontrol Simpangan yang terjadi Akibat Beban Gempa  
Arah X**

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Simpangan (mm)	Cd	I	Simpangan Antar Lantai (mm)	Simpangan Ijin Antar Lantai (mm)	Cek Persyaratan
i	$h_i$	$h_{xx}$	$\delta_a$			$\Delta_i$	$\Delta_a$	$\Delta_i \leq \Delta_a$
Dasar	0	0	0	4	1	0	0	OK
MZ 1 - 1	3,35	3,35	1,053	4	1	4,2	67	OK
MZ 1 - 2	5,00	1,65	2,129	4	1	4,3	33	OK
MZ 1a - 1	6,65	1,65	3,222	4	1	4,4	33	OK
MZ 1a - 2	8,30	1,65	4,574	4	1	5,4	33	OK
MZ 1b - 1	9,95	1,65	5,944	4	1	5,5	33	OK
MZ 1b - 2	11,60	1,65	7,444	4	1	6,0	33	OK
LT. 2	14,90	3,3	10,403	4	1	11,8	66	OK
LT. 3	18,20	3,3	13,662	4	1	13,0	66	OK
LT. 4	21,80	3,6	17,288	4	1	14,5	72	OK
LT. 5	25,10	3,3	20,602	4	1	13,3	66	OK
LT. 6	28,40	3,3	23,834	4	1	12,9	66	OK
LT. 7	31,70	3,3	26,94	4	1	12,4	66	OK
LT. 8	35,00	3,3	29,908	4	1	11,9	66	OK
LT. 9	38,30	3,3	32,724	4	1	11,3	66	OK
LT. 10	41,60	3,3	35,37	4	1	10,6	66	OK
LT. 11	44,90	3,3	37,83	4	1	9,8	66	OK
LT. 12	48,20	3,3	40,093	4	1	9,1	66	OK
LT. 13	51,50	3,3	42,183	4	1	8,4	66	OK
LT. 14	54,80	3,3	43,956	4	1	7,1	66	OK
LT. 15	58,10	3,3	45,519	4	1	6,3	66	OK
Atap	62,10	4	48,604	4	1	12,3	80	OK

**Tabel 5.14 Kontrol Simpangan yang terjadi akibat Beban Gempa  
Arah Y**

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Simpangan (mm)	Cd	I	Simpangan Antar Lantai (mm)	Simpangan Ijin Antar Lantai (mm)	Cek Persyaratan
i	$h_i$	$h_{xx}$	$\delta_a$			$\Delta_i$	$\Delta_a$	$\Delta_i \leq \Delta_a$
Dasar	0	0	0	4	1	0	0	OK
MZ 1 - 1	3,35	3,35	0,852	4	1	3,4	67	OK
MZ 1 - 2	5,00	1,65	2,62	4	1	7,1	33	OK
MZ 1a - 1	6,65	1,65	2,62	4	1	0,0	33	OK
MZ 1a - 2	8,30	1,65	5,761	4	1	12,6	33	OK
MZ 1b - 1	9,95	1,65	4,899	4	1	3,4	33	OK
MZ 1b - 2	11,60	1,65	9,348	4	1	17,8	33	OK
LT. 2	14,90	3,3	13,221	4	1	15,5	66	OK
LT. 3	18,20	3,3	17,319	4	1	16,4	66	OK
LT. 4	21,80	3,6	21,945	4	1	18,5	72	OK
LT. 5	25,10	3,3	26,212	4	1	17,1	66	OK
LT. 6	28,40	3,3	30,365	4	1	16,6	66	OK
LT. 7	31,70	3,3	34,373	4	1	16,0	66	OK
LT. 8	35,00	3,3	38,212	4	1	15,4	66	OK
LT. 9	38,30	3,3	41,861	4	1	14,6	66	OK
LT. 10	41,60	3,3	45,303	4	1	13,8	66	OK
LT. 11	44,90	3,3	48,52	4	1	12,9	66	OK
LT. 12	48,20	3,3	51,511	4	1	12,0	66	OK
LT. 13	51,50	3,3	54,27	4	1	11,0	66	OK
LT. 14	54,80	3,3	56,672	4	1	9,6	66	OK
LT. 15	58,10	3,3	58,72	4	1	8,2	66	OK
Atap	62,10	4	60,768	4	1	8,2	80	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER**

#### **6.1 Perencanaan Elemen Struktur Primer**

##### **6.1.1 Balok Induk**

##### **6.1.1.1 Balok Induk Memanjang**

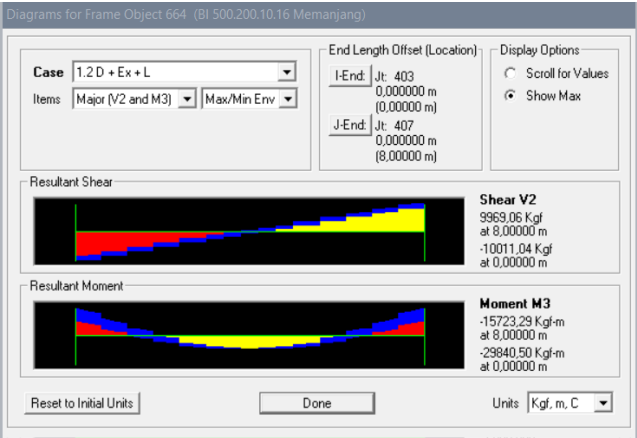
Balok Induk memanjang direncanakan menggunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16, dengan data perencanaan sebagai berikut :

d =	500	mm	ix =	20,5	cm
bf =	200	mm	iy =	4,33	cm
tf =	16	mm	Zx =	2096	cm
tw =	10	mm	Zy =	320	cm
A =	114.2	cm <sup>2</sup>	Sx =	1910	cm
w =	89,7	kg/m	Sy =	214	cm
Ix =	47800	mm	r =	20	cm
Iy =	2140	mm	h =	428	cm

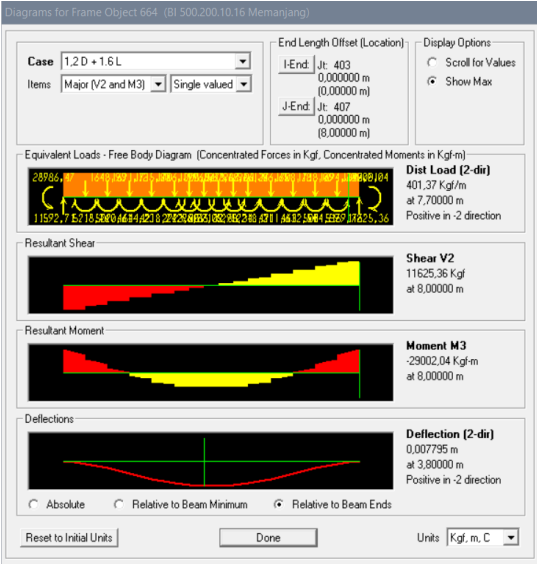
Dari Analisa permodelan dengan menggunakan program bantu SAP 2000v14, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada Balok Induk Memanjang adalah sebagai berikut :

- Mu = 29840,5 kg.m
- Vu = 11625,36 kg
- f = 0,556 cm

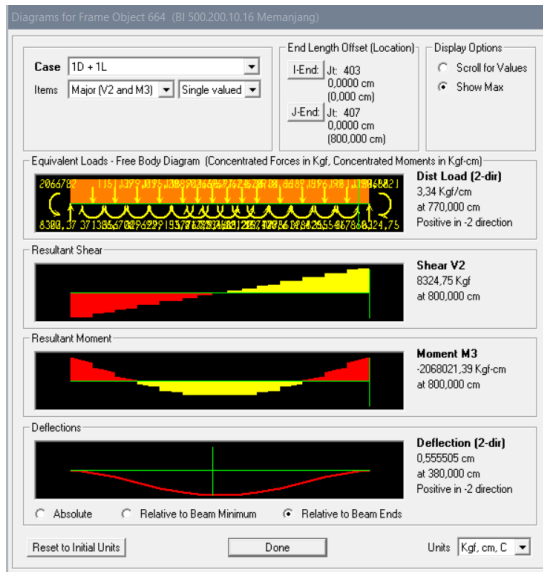
Gaya dalam yang dihasilkan dari program bantu SAP 2000v14 diperoleh dari Frame 664 dengan Kombinasi 1.2 D + 1 Ex + 1 L untuk Momen, 1.2 D + 1.6 L untuk Geser Maksimum, dan Kombinasi 1 D + 1 L untuk Lendutan (f).



**Gambar 6.1** Hasil Output Momen Maksimum pada SAP 2000v14



**Gambar 6.2** Hasil Output Geser Maksimum pada SAP 2000v14



**Gambar 6.3** Hasil Output Lentutan Maksimum pada SAP 2000v14

### Kontrol Penampang :

#### Pelat Badan

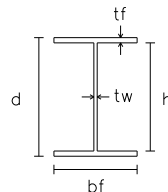
$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_{pw} = 3,76\sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76\sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

#### Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{32} = 6,25$$

$$\lambda_{pf} = 0,38\sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38\sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$





Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,8 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$6,25 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :**

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 2096 \times 2500 \\ &= 5240900 \text{ kg.cm} = 52409 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 29840,5 &< 0,9 \times 52409 \\ 29840,5 &< 47168,10 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \text{....OK} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar balok induk yaitu 300 cm. Maka perhitunganya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 300 \quad \text{cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,33 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 215,6 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left( (2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left( (2 \times 200 \times 11^3) + ((500 - 2 \times 16) \times 10^3) \right) \\ &= 702133,33 \text{ mm}^4 = 70,213 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{428 \times 10}{200 \times 16} \right)}} \\ &= 52,208 \text{ mm} = 5,2208 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$h_o = d - t_f = 428 - 16 = 412 \text{ mm} = 41,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6.67 \left( \frac{0.7 F_y}{E} \right)^2}} \\ &= 1.95 \times 4,64 \frac{2 \times 10^6}{0.7 \times 2500} \sqrt{\frac{70 \times 1}{1910 \times 41,2} + \sqrt{\left( \frac{70 \times 1}{1910 \times 41,2} \right)^2 + 6.67 \left( \frac{0.7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\ &= 492,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

### Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$\begin{array}{llll} L_p & < & L_b & < & L_r \\ 215,6 & < & 300 & < & 492,2 \rightarrow \text{Bentang Menengah} \end{array}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 2096 \times 2500 \\ &= 5240900 \text{ kg.cm} = 52409 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Dari hasil Output SAP 2000v14, di dapatkan output momen  $M_a$ ,  $M_b$  dan  $M_c$  , dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} M_a & = & 6468,27 \text{ kg.m} \\ M_b & = & 13413,39 \text{ kg.m} \\ M_c & = & 6474,26 \text{ kg.m} \end{array}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{Max}}{2,5 M_{Max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\ &= \frac{12,5 \times 29840,5}{2,5 \times 29840,5 + 3 \times 6468,27 + 4 \times 13413,39 + 3 \times 6474,26} \\ &= 2,232 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\ &= 2,232 \left[ 5240900 - (5240900 - 0.7 \times 2500 \times 1910) \left( \frac{300 - 215,5}{492,2 - 215,5} \right) \right] \leq M_p \\ &= 10406483 \text{ kg.cm} \leq M_p \\ &= 104064,83 \text{ kg.m} \leq 52409 \end{aligned}$$

Karena nilai  $M_n$  Bentang Menengah melebihi nilai  $M_p$ , maka nilai yang diambil adalah nilai  $M_p$  sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu < \phi M_n \\ 29840,5 < 0,9 \times 52409 \\ 29840,5 < 47168,1 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} \frac{h}{t_w} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{428}{10} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 42,8 & \leq & 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{array}$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\
 &= 0,6 \times 2500 \times 50,0 \times 1,0 = 75000 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi V_n \\
 11625,4 & < & 0,9 \times 75000 \\
 11625,4 & < & 67500 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK}
 \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Lendutan :**

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$ , berikut perhitungannya :

$$\begin{array}{rcl}
 - f & = & 0,556 \text{ cm} \\
 - f_{\text{maks}} & = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}
 \end{array}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 0,556 & < & 2,22 \\
 0,556 & < & 2,22 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK}
 \end{array}$$

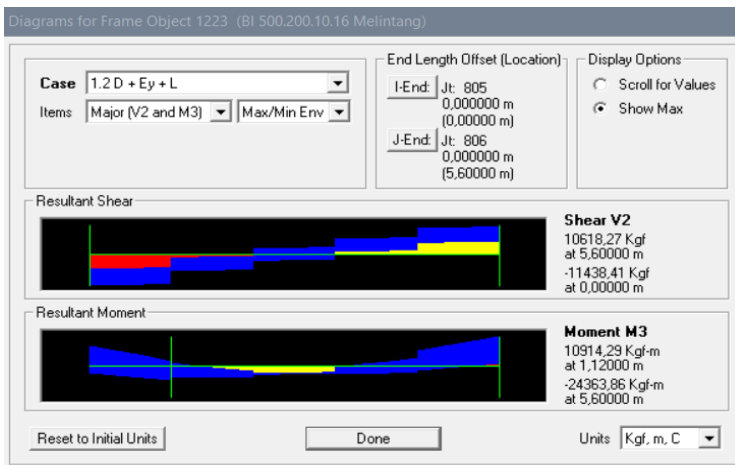
Sehingga Profil WF 500 x 200 x 10 x 16, dapat digunakan sebagai balok Induk arah memanjang.

### 6.1.1.2 Balok Induk Melintang

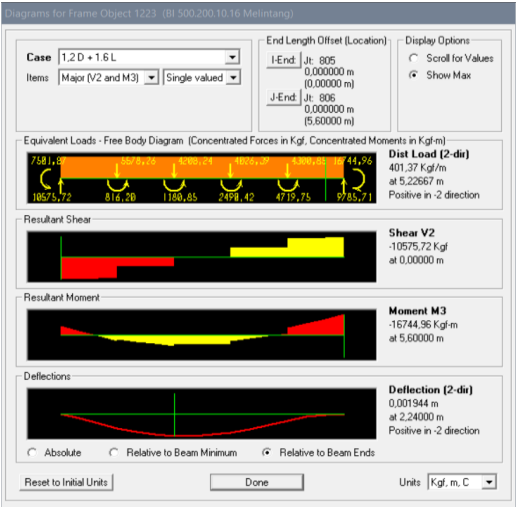
Balok Induk melintang direncanakan dengan menggunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16, dengan data perencanaan sebagai berikut :

d =	500	mm	ix =	20,5	cm
bf =	200	mm	iy =	4,33	cm
tf =	16	mm	Zx =	2096	cm
tw =	10	mm	Zy =	320	cm
A =	114.2	cm <sup>2</sup>	Sx =	1910	cm
w =	89,7	kg/m	Sy =	214	cm
Ix =	47800	mm	r =	20	cm
Iy =	2140	mm	h =	428	cm

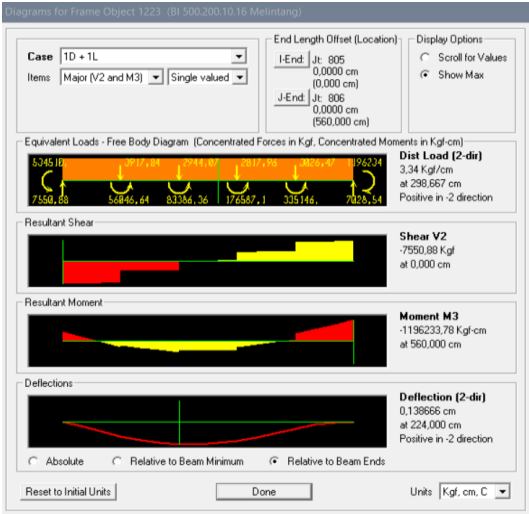
Dari Analisa permodelan dengan SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada Balok Induk Memanjang adalah sebagai berikut :



Gambar 6.4 Hasil Output Momen dan Geser Maksimum pada SAP 2000v14



Gambar 6.5 Hasil Output Geser Maksimum padaSAP 2000v14



Gambar 6.6 Hasil Output lendutan maksimum pada SAP 2000v14

- Mu = 24363,86 kg.m
- Vu = 10575,72 kg
- f = 0.139 cm

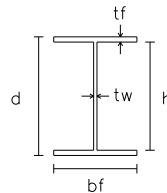
Gaya dalam yang dihasilkan dari program bantu SAP 2000v14 diperoleh dari Frame 1223 dengan Kombinasi 1.2 D + 1 Ex + 1 L untuk Momen, 1.2 D + 1.6 L untuk Geser Maksimum, dan Kombinasi 1 D + 1 L untuk Lendutan (f).

### **Kontrol Penampang :**

#### Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



#### Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{32} = 6,25$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

### Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,8 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$6,25 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$



*Keterangan :*

- *Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)*

### **Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :**

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 2096 \times 2500 \\ &= 5240900 \text{ kg.cm} = 52409 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_u & < & \phi M_n \\ 24363,9 & < & 0,9 \times 52409 \\ 24363,9 & < & 47168,10 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$  *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

### **Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 7,04 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 350,45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 350,45 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 2096 \times 2500 \\ &= 5240900 \text{ kg.cm} = 52409 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 24363,9 & < & 0.9 \times 52409 \\ 24363,9 & < & 47168,10 \text{ kg.m} \rightarrow \dots OK \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Geser :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai  $C_v$  dihitung dengan harga  $K_v = 5$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} \frac{h}{t_w} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{428}{10} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 42,8 & \leq & 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{array}$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 50 \times 1,0 = 75000 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} V_u &< \phi V_n \\ 10575,7 &< 0,9 \times 75000 \\ 10575,7 &< 67500 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

#### **Kontrol Lendutan :**

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah  $\frac{L}{360}$  , berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} - f &= 0,139 \text{ cm} \\ - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1,56 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} f &< f_{\text{maks}} \\ 0,139 &< 1,56 \\ 0,139 &< 1,56 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK} \end{aligned}$$

Sehingga Profil WF 500 x 200 x 10 x 16, dapat digunakan sebagai balok Induk arah melintang

### 6.1.2 Kolom

Pada perencanaan struktur kolom gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dibedakan menjadi 2 jenis kolom yaitu kolom Komposit dan Kolom WF, perbedaan tersebut dibedakan berdasarkan ketinggian lantai dan fungsinya dengan keterangan sebagai berikut :

- a. Lantai Dasar – Lantai 3 : HSS 700 x 700 x 25 x 25
- b. Lantai 4 – Lantai 11 : HSS 600 x 600 x 25 x 25
- c. Lantai 12 – Lantai 15 : HSS 500 x 500 x 25 x 25
- d. Atap Rangka Baja : WF 400 x 400 x 21 x 13

Perhitungan perencanaan kolom yang akan ditunjukkan dengan perhitungan sebagai berikut :

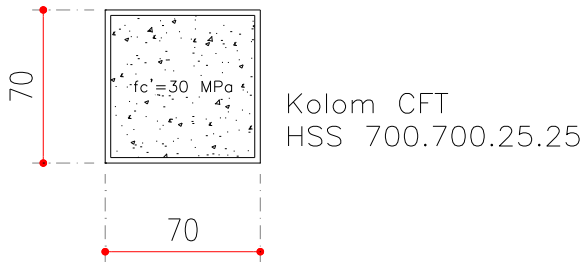
#### 6.1.2.1 Kolom Komposit

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai dasar – lantai 3. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS  $700 \times 700 \times 25 \times 25$  dan panjang kolom 500 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d =	700	mm	ix =	27,2	cm
bf =	700	mm	iy =	27,2	cm
tf =	25	mm	Zx =	13650	cm
tw =	25	mm	Zy =	13650	cm
A =	646	cm <sup>2</sup>	Ix =	477900	cm
r =	75	kg/m	Iy =	477900	cm

Data Material :

-	fy =	250	MPa	=	2500	kg/cm <sup>2</sup>
-	fu =	410	MPa	=	4100	kg/cm <sup>2</sup>
-	fc =	30	MPa	=	300	kg/cm <sup>2</sup>

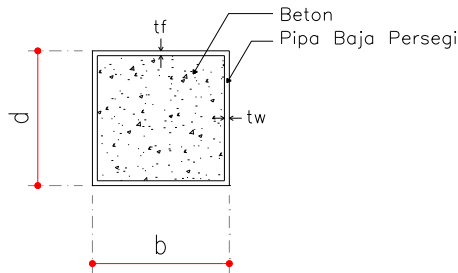


**Gambar 6.7** Penampang Kolom Komposit CFT HSS 700 x 700  
x 25 x 25

Dari Analisa permodelan dengan SAP 2000, didapatkan gaya dalam yang bekerja pada Kolom adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_u &= 939048,87 \text{ kg} & M_{ux} &= 2671,16 \text{ kg.m} \\ M_{uy} &= 2147,92 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Kontrol Luas Penampang Profil



##### a. Kontrol Luas Profil

$$A_s = 675,0 \text{ cm}^2 \quad A_c = 4225 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 4\%$$

$$\frac{675}{675 + 4225} \times 100\% \geq 4\%$$

$$13,8 \% \geq 4\% \quad \text{..... OK!}$$

*b. Kontrol Tebal Minimum Profil*

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{fy}{3E}} \geq 25 \text{ mm}$$

$$700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 200000}} \geq 25 \text{ mm}$$

$$14,29 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \text{..... OK!}$$

*c. Kontrol Penampang Profil*

Rasio Struktur Komposit Menahan Aksial Tekan

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28,00$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,40 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 39,60$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{array}{lcl} \lambda_r & > & \lambda \\ 39,60 & > & 28,0 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing} \end{array}$$

Rasio Struktur Komposit Menahan Lentur

Badan Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28,00$$

$$\lambda_p = 2,42 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,42 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 68,45$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,70 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 161,22$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{array}{ccccc} \lambda_p & > & \lambda & < & \lambda_r \\ 68,45 & > & 28,00 & < & 161,22 \end{array} \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Sayap Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28,00$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 31,68$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,40 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 39,60$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{array}{ccccc} \lambda_p & > & \lambda & < & \lambda_r \\ 31,68 & > & 28,00 & < & 39,60 \end{array} \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

*Keterangan :*

- Kontrol Luas Profil                      \*Pasal 12.3.1 ayat 1 SNI 03-1729-2002
- Kontrol Tebal Profil                      \*Pasal 12.3.1 ayat 5 SNI 03-1729-2002
- Kontrol Penampang                      \*Tabel B4.1a SNI 1729:2015

### **Kuat Tekan Struktur Komposit**

Karena penampang komposit, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_p = f_y \times A_s + C_2 \times f_c' \times (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \\
 &= 2500 \times 675 + 0,85 \times 300 \times (4225 + 0) \\
 &= 2585313 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

*Keterangan :*

-  $C_2 = 0,85$  \*Bab I2 Pasal 2b ayat (c) untuk penampang kompak

### **Momen Nominal Struktur Komposit**

Pada Bab I3 Pasal 4b Persamaan I3-3a SNI 1727:2015 menyebutkan bahwa momen nominal ( $M_n$ ) sama dengan momen plastis dari penampang ( $M_p$ ) jika penampang kompak. Momen Plastis ( $M_p$ ) dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang kolom komposit.

Berdasarkan Jurnal dari Chinese Taiwan Society for Earthquake Engineering, tentang Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan oleh Shosuke Morino dan Keigo Tsuda. Menyimpulkan untuk menghitung momen nominal dari kolom CFT dapat diperhitungan sebagai berikut :

#### **a. Panjang Kolom**

$$\begin{aligned}
 L &\leq 12 D \\
 5,0 &\leq 12 \times 0,7 \\
 5,0 &\leq 8,4 \text{ meter} \dots \text{ Pers. (41) dan (42) Pada Jurnal}
 \end{aligned}$$

#### **b. Kuat Tekan Komposit**

Karena Panjang Kolom kurang dari  $12 \times D$  maka digunakan Persamaan (41) dan (42) dengan perhitungan sebagai berikut :

Persamaan 41

$$N \leq cN \longrightarrow N = cN$$



$$M \leq {}_sM + {}_cM$$

Persamaan 42

$$N \geq {}_cN \longrightarrow \begin{matrix} N \leq {}_sN + {}_cN \\ M = {}_sM \end{matrix}$$

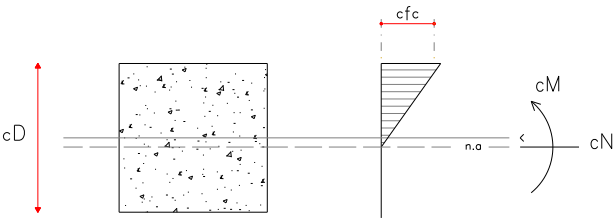
Cek Persyaratan :

$$\begin{matrix} N & \leq & {}_cN_c \\ 939048,87 & \leq & 2764875 \text{ kg} \end{matrix} \quad \text{..... Pakai Pers. (41)}$$

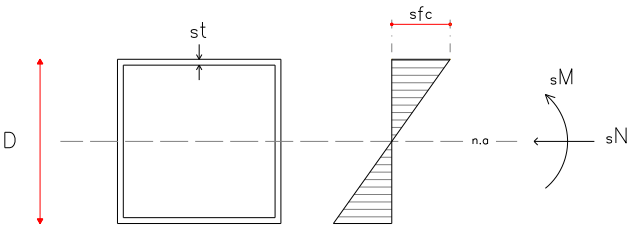
Keterangan :

- ${}_cN$  = Kuat tekan nominal beton
- ${}_sN$  = Kuat tarik nominal baja
- ${}_cM$  = Momen Nominal Beton
- ${}_sM$  = Momen Nominal Baja

c. **Garis Netral pada Kolom Komposit**  
- **Elemen Beton**

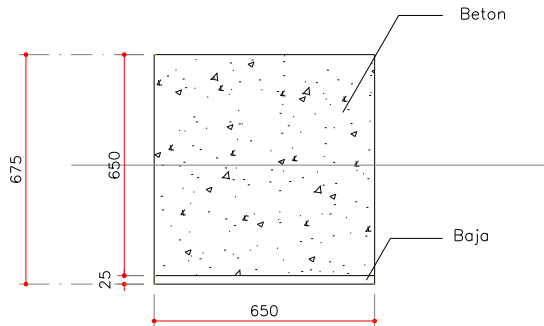


- **Elemen Baja**



Untuk menghitung garis netral pada profil komposit maka di asumsikan di satu sisi saja karena berbentuk persegi.

Penampang menerima momen positif dimana pada bagian atas penampang tekan diterima oleh beton dan bagian bawah penampang tarik diterima oleh baja, dengan perhitungan sebagai berikut :



### **Data Elemen Baja**

Lebar (b) = 25 mm                      tinggi (t) = 650 mm

Modulus Elastis Baja (E) = 200000 MPa

Luas Baja ( $A_2$ ) = b x h  
= 25 x 650 = 16250 mm<sup>2</sup>

### **Data Elemen Beton**

Lebar (b) = 650 mm                      tinggi (t) = 650 mm

Modulus Elastis Beton ( $E_c$ ) =  $4700 \sqrt{f'c}$  =  $4700 \sqrt{30}$   
= 25742,96 MPa

Rasio Modulus =  $\frac{E}{E_c} = \frac{200000}{25742,96} = 7,769$

Sebelum menghitung garis netral penampang maka perlu penyeragaman material beton menuju bahan dengan

mentransformasi lebar efektif beton ( $b'$ ), dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Lebar transformasi } (b') &= b \times n \\ &= 650 \text{ mm} \times 7,769 = 83,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Baja } (A_1) &= b' \times h \\ &= 83,7 \times 650 = 54382,003 \\ &\text{mm}^2\end{aligned}$$

### **Perhitungan garis netral (n.a)**

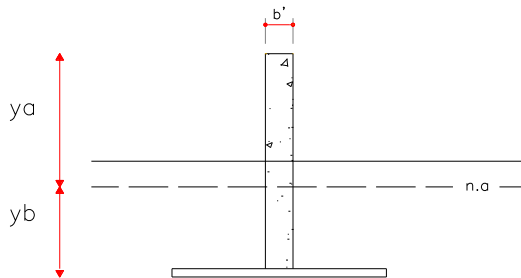
Garis netral dimisalkan diukur dari bagian bawah penampang, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$y_1 = \frac{h}{2} + b \text{ baja} = \frac{650}{2} + 25 = 350 \text{ mm}$$

$$y_2 = \frac{h_{\text{baja}}}{2} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}y_b &= \frac{\sum A_i \times y_i}{\sum A_i} = \frac{(54382,1 \times 350) + (16250 \times 12,5)}{(54382,1 + 16250)} \\ &= 272,353 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$y_a = h \text{ total} - y_b = 675 + 272,353 = 402,65 \text{ mm}$$



*Posisi garis netral pada penampang Kolom Komposit*

**d. Momen Nominal Penampang (Mn)**

Dari perhitungan sebelumnya digunakan momen nominal pada persamaan 41, maka perhitungan momen nominalnya adalah sebagai berikut :

$$M \leq {}_sM + {}_cM$$

Elemen Baja ( ${}_sM$ )

$$\begin{aligned} {}_sM &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 13650 \times 2500 \\ &= 34125000 \text{ kg.cm} = 341250 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Elemen Beton ( ${}_cM$ )

Untuk menghitung momen nominal (Mn) pada elemen beton ditinjau berdasarkan tegangan beton yang pada bagian atas penampang yang menerima tekan dengan ketentuan sebagai berikut :

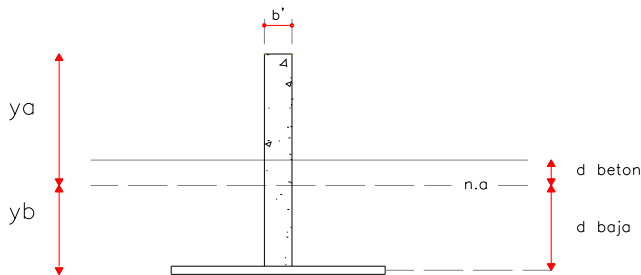
Perhitungan Momen Intersia Komposit ( $I_{tr}$ )

Material	A	y	Io	d	Io + A x d <sup>2</sup>
	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>4</sup>
Kolom Beton	543,82	35	191470	5,26	206543,16
Kolom Baja	162,5	1,25	84,64	25,99	109810,31
<b>I<sub>tr</sub></b>					<b>316353,48</b>

Dimana :

- $I_{tr}$  = Momen Inersia Profil Komposit
- $y$  = jarak dari titik berat elemen menuju penampang bawah
- $I_o$  = momen inersia elemen tiap material  

$$\left( \frac{1}{12} \times b \times h^3 \right)$$
- $A$  = Luas Penampang tiap elemen
- $d$  = jarak dari titik berat elemen menuju garis netral



$$\begin{aligned}
 cM &= \frac{f_c' \times I_{tr} \times n}{y_a} \\
 &= \frac{300 \times 316353,48 \times 7,7691}{40,26} \\
 &= 18312208,64 \text{ kg.cm} \\
 &= 18312,21 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan momen nominal ( $M_n$ ) keseluruhannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= sM + cM \\ &= 341250 + 18312,21 = 359562,21 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu < \phi M_n \\ 2671,2 < 0,9 \times 364135,42 \\ 2671,2 < 327721,88 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :**

Jarak penahan Lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang kolom dikurangi dengan tinggi dimensi balok ( $d$ ) yaitu 451,2 cm, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) &= 451,2 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 27,2 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 1354,02 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 451,2 < 1354,02 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan Momen Nominalnya ( $M_n$ ) sebagai berikut :

$$M_n = M_p = sM + cM$$

$$= 341250 + 22885,42 = 364135,42 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \text{Mu} & < & \phi \text{ Mn} \\ 2671,2 & < & 0,9 \times 364135,42 \\ 2671,2 & < & 327721,88 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek  $P-\Delta$  ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

dengan,

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1,00$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}}$$

a. Kuat Lentur Orde Kedua ( $M_r$ ) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 M_1 = 1307,83 & \text{kg.m} & P_1 = 1723404 & \text{kg} \\
 M_2 = 2671,16 & \text{kg.m} & L = 451,2 & \text{cm} \\
 M_{nt} = 2671,16 & \text{kg.m} & P_{nt} = 939048,9 & \text{kg} \\
 M_{lt} = 33221,63 & \text{kg.m} & P_{lt} = 784354,9 & \text{kg} \\
 P_{\text{Story}} = 939048,87 & \text{kg} & \Delta_h = 1,93 & \text{mm} \\
 H = 6989,22 & \text{kg} & & 
 \end{array}$$

*Perhitungan Komponen  $B_1$*

$$\begin{aligned}
 P_{e1} &= \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 477900}{(1 \times 451,2)^2} \\
 &= 46337072,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{1307,83}{2671,16} \right) = 0,4042$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha \left( \frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{0,40416}{1 - 1 \left( \frac{1723404}{46337072} \right)} \leq 1 \\
 &= 0,420 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan  $B_1$  adalah 1,00



*Perhitungan Komponen B<sub>2</sub>*

$$R_m = 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left( \frac{0}{939048,9} \right)$$

$$= 1,00$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{6989 \times 4512}{1,93} = 16340412 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \left( \frac{P_{Story}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1$$

$$= \frac{1}{1 - 1 \left( \frac{939048,9}{16340412} \right)} \leq 1$$

$$= 1,06 \leq 1$$

Sehingga, digunakan B<sub>2</sub> adalah 1,06

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$M_{ux} = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$= 1,00 \times 2671,16 + 1,06 \times 33221,63$$

$$= 37918,37 \text{ kg.m}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 37918,37 kg.m

b. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$M_1$	$= 705,02$	kg.m	$P_1$	$= 1723404$	kg
$M_2$	$= 2147,92$	kg.m	$L$	$= 451,2$	cm
$M_{nt}$	$= 2147,92$	kg.m	$P_{nt}$	$= 939048,9$	kg
$M_{lt}$	$= 29749,68$	kg.m	$P_{lt}$	$= 784354,9$	kg
$P_{Story}$	$= 939048,87$	kg	$\Delta_h$	$= 1,755$	mm
$H$	$= 6307,26$	kg			

*Perhitungan Komponen  $B_1$*

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 477900}{(1 \times 451,2)^2}$$

$$= 46337072,2 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{705,02}{2147,92} \right) = 0,4687$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \left( \frac{P_1}{P_{el}} \right)} \leq 1$$

$$= \frac{0,4687}{1 - 1 \left( \frac{1723404}{46337072} \right)} \leq 1$$

$$= 0,4868 \leq 1$$

Sehingga, digunakan  $B_1$  adalah 1,00

*Perhitungan Komponen B<sub>2</sub>*

$$R_m = 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left( \frac{0}{939048,9} \right)$$

$$= 1,00$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{6307 \times 4512}{1,755} = 16215588 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \left( \frac{P_{Story}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1$$

$$= \frac{1}{1 - 1 \left( \frac{939048,9}{16215588} \right)} \leq 1$$

$$= 1,061 \leq 1$$

Sehingga, digunakan B<sub>2</sub> adalah 1,061

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$M_{uy} = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$= 1,00 \times 2147 + 1,06 \times 299749,68$$

$$= 33726,31 \text{ kg.m}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 33726,31 kg.m

c. Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

Didapatkan data perencanaan dari SAP serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{nt} &= 939048,9 \text{ kg.m} & B_2 &= 1,06 \text{ kg} \\ P_{lt} &= 784354,9 \text{ kg.m} \\ P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 939048,9 + 1,06 \times 784354,9 = 1771618 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Kontrol Interaksi Aksial dan Momen**

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 37918,37 \text{ kg.m} & P_n &= 2764875 \text{ kg} \\ M_{uy} &= 33726,31 \text{ kg.m} & M_n &= 364135,42 \text{ kg.m} \\ P_r &= 1771618,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 2764875 = 2488387,5 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1771618,076}{2488387,5} = 0,712 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 1* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) &\leq 1,0 \\ \frac{1771618,08}{2488387,5} + \frac{8}{9} \left( \frac{37918,37}{364135,42} + \frac{33726,31}{364135,42} \right) &\leq 1,0 \\ 0,91 &\leq 1,0 \text{ ..... OK} \end{aligned}$$

maka kolom CFT dengan dimensi profil HSS 700.700.25.25 dapat digunakan.

### 6.1.2.2 Kolom Atap Rangka Baja

Kolom Rangka Baja direncanakan menggunakan profil WF 300 x 300 x 15 x 10 , panjang kolom 200 cm dengan data perencanaan sebagai berikut :

d =	300	mm	ix =	13,1	cm
bf =	300	mm	iy =	7,51	cm
tf =	15	mm	Zx =	1465	cm
tw =	10	mm	Zy =	675	cm
A =	119,8	cm <sup>2</sup>	Sx =	1360	cm
w =	94,0	kg/m	Sy =	450	cm
Ix =	20400	mm	r =	18	cm
Iy =	6750	mm	h =	234	cm

Dari Analisa permodelan dengan SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada Kolom Atap Rangka Baja adalah sebagai berikut :

- Mux = 782,09 kg.m
- Muy = 4187,17 kg.m
- Pu = 7671,61 kg

### Kontrol Kuat Lentur akibat Tekuk Lokal

#### Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{234}{10} = 23,40$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

#### Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{30} = 10,00$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$23,40 < 106,35 \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$10,00 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \times F_y \\ &= 1465 \times 2500 \\ &= 3661875 \text{ kg.cm} = 36618,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \times F_y \\ &= 675 \times 2500 \\ &= 1686375 \text{ kg.cm} = 16863,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} M_{ux} &< \phi M_{nx} \\ 782,1 &< 0,9 \times 36618,8 \\ 782,1 &< 32956,88 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &< \phi M_{ny} \\ 4187,2 &< 0,9 \times 16863,8 \\ 4187,2 &< 15177,38 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### **Kontrol Kuat Tekan Penampang**

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{10} = 30,00$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,14$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{30} = 10,00$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_r$$

$$30,00 < 42,14 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_r$$

$$10,00 < 15,84 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

*Keterangan :*

- *Pelat Badan dan Sayap* (Tabel B4.1a SNI 1729:2015)

Karena Penampang Non Langsing pada maka perhitungan kuat tekan nominalnya adalah sebagai berikut :

$$K = 1 \quad (\text{Lampiran 7 Pasal 7.2 Ayat 3a SNI 1729:2015})$$

$$\text{Arah X} = \frac{KL}{i_x} = \frac{1 \times 200}{13,1} = 15,27$$

$$\text{Arah Y} = \frac{KL}{i_y} = \frac{1 \times 200}{7,51} = 26,63$$

Maka, diambil  $\frac{KL}{i}$  dengan nilai terbesar yaitu 26,63

Cek Tegangan Kritis ( $F_{cr}$ ) :

$$\frac{KL}{i} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$26,63 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

$$26,63 \leq 133,22 \longrightarrow \text{Persyaratan 1}$$

Maka, nilai tegangan kritis dengan persyaratan 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left( 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right) f_y = \left( 0,658^{\frac{250}{2783}} \right) 250 \\ &= 240,776 \text{ MPa} = 2407,76 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

dimana ,



$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{1 \times 2000}{75,1}\right)^2} = 2783,23 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal ( $P_n$ ) :

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \times A_g \\ &= 2407,76 \text{ kg/cm}^2 \times 119,8 \text{ cm}^2 = 288449,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} P_u & < & \phi M_n \\ 7671,6 & < & 0,9 \times 288449,12 \\ 7671,6 & < & 259604,21 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- Kuat Tekan Nominal (Pasal E3 Pers. E3-1 SNI 1729: 2015)
- Tegangan Kritis (Bab E Pasal E3 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### **Kontrol Kelangsingan Kolom :**

Jarak penahan Lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang kolom yaitu 200 cm. Maka perhitunganya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) = 200 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 7,51 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 373,85 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 200 < 373,85 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \times F_y \\ &= 1465 \times 2500 \\ &= 3661875 \text{ kg.cm} = 36618,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \times F_x \\ &= 675 \times 2500 \\ &= 1686375 \text{ kg.cm} = 16863,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_{ux} & < & \phi M_{nx} \\ 782,1 & < & 0.9 \times 36618,8 \\ 782,1 & < & 32956,88 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} M_{uy} & < & \phi M_{ny} \\ 4187,2 & < & 0.9 \times 16863,8 \\ 4187,2 & < & 15177,38 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### **Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua**

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek  $P-\Delta$  ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}}$$

a. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$M_1$	= 653,21	kg.m	$P_1$	= 15057,79	kg
$M_2$	= 782,09	kg.m	$L$	= 200	cm
$M_{nt}$	= 782,09	kg.m	$P_{nt}$	= 7671,61	kg
$M_{lt}$	= 970,15	kg.m	$P_{lt}$	= 7386,18	kg
$P_{Story}$	= 7671,6	kg	$\Delta_h$	= 0,51	mm
$H$	= 763,53	kg			

*Perhitungan Komponen  $B_1$*

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 20400}{(1 \times 200)^2}$$

$$= 10066996,5 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{653,21}{782,09} \right) = 0,266$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha \left( \frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{0,266}{1 - 1 \left( \frac{15057,79}{10066996} \right)} \leq 1 \\
 &= 0,266 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan  $B_1$  adalah 1,00

*Perhitungan Komponen  $B_2$*

$$\begin{aligned}
 R_m &= 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left( \frac{0}{7671,61} \right) \\
 &= 1,00
 \end{aligned}$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{766 \times 2000}{0,51} = 3010934,1 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 B_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \left( \frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - 1 \left( \frac{7671,61}{3010934,1} \right)} \leq 1 \\
 &= 1,003 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan  $B_2$  adalah 1,003

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1,00 \times 782,09 + 1,003 \times 970,15 \\ &= 1754,72 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 1754,72 kg.m

*b. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah Y*

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} M_1 &= 3787,05 \text{ kg.m} & P_1 &= 15057,79 \text{ kg} \\ M_2 &= 4187,17 \text{ kg.m} & L &= 200 \text{ cm} \\ M_{nt} &= 4187,17 \text{ kg.m} & P_{nt} &= 7671,61 \text{ kg} \\ M_{lt} &= 3781,8 \text{ kg.m} & P_{lt} &= 7386,18 \text{ kg} \\ P_{\text{Story}} &= 7671,61 \text{ kg} & \Delta_h &= 3,989 \text{ mm} \\ H &= 3631,24 \text{ kg} \end{array}$$

*Perhitungan Komponen  $B_1$*

$$\begin{aligned} P_{e1} &= \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 6750}{(1 \times 200)^2} \\ &= 3330991,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{3787,05}{4187,17} \right) = 0,238$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \left( \frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,238}{1 - 1 \left( \frac{15057,79}{3330991} \right)} \leq 1 \\
 &= 0,2393 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan  $B_1$  adalah 1,00

### *Perhitungan Komponen $B_2$*

$$\begin{aligned}
 R_m &= 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left( \frac{0}{36464,53} \right) \\
 &= 1,00 \\
 P_{e1} &= R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{3631 \times 2000}{3,989} = 1820626,7 \text{ kg} \\
 B_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \left( \frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - 1 \left( \frac{7671,61}{1820627} \right)} \leq 1 \\
 &= 1,004 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan  $B_2$  adalah 1,004

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{uy} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1,00 \times 4187,17 + 1,004 \times 3781,8 \\ &= 7984,97 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 8496,75 kg.m

c. Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

Didapatkan data perencanaan dari SAP serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{nt} &= 7671,61 \text{ kg.m} & B_2 &= 1,004 \text{ kg} \\ P_{lt} &= 7386,18 \text{ kg.m} \\ P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 7671,61 + 1,004 \times 7386,18 = 15089,05 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol Interaksi Aksial dan Momen

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 1754,72 \text{ kg.m} & P_n &= 288449,12 \text{ kg} \\ M_{uy} &= 7984,97 \text{ kg.m} & P_r &= 15089,4 \text{ kg} \\ M_{nx} &= 36618,8 \text{ kg.m} & M_{ny} &= 16863,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 288449,12 = 259604,2 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{15089}{259604,2} = 0,058 < 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi* 2 dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{15089,04}{2 \times 259604,21} + \left( \frac{1754,72}{32956,88} + \frac{7984,97}{15177,38} \right) \leq 1,0$$

$$0,61 \leq 1,0 \text{ ..... OK}$$

Hasil perhitungan dari dimensi kolom yang lain akan ditabelkan pada tabel dibawah ini :

**Tabel 6.1** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kolom

DIMENSI KOLOM					Pr kg	Mrx kg.m	Mry kg.m	Pn kg	Mnx kg.m	Mny kg.m	Kontrol Interaksi
HSS	700	700	25	25	1771754,6	37924,10	33731,49	2764875	364135,42	364135,42	0,906 < 1,0
HSS	600	600	25	25	1255739,1	20441,44	17629,64	2208875	256614,58	256614,58	0,778 < 1,0
HSS	500	500	25	25	336801,48	9286,71	23709,48	1703875	168593,75	168593,75	0,413 < 1,0
WF	300	300	15	10	15089,04	1754,72	7984,97	288449,1	36618,75	16863,75	0,608 < 1,0



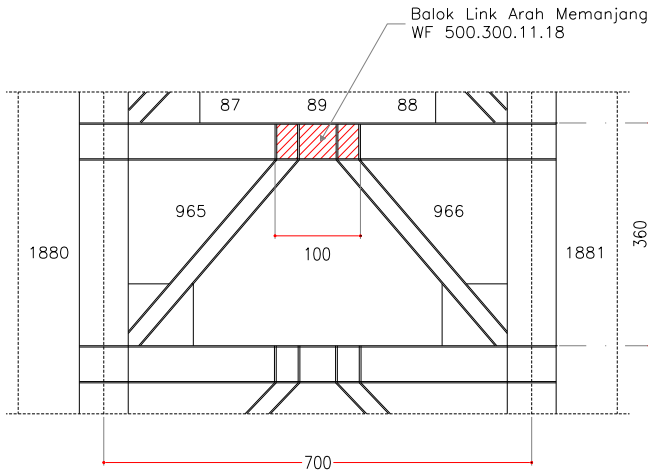
6.1.3 Balok Link

6.1.3.1 Link Arah Memanjang

Pada perhitungan Link Arah Memanjang dipilih link dengan nilai geser terbesar yaitu pada Elemen 89. Panjang link beam direncanakan sepanjang 100 cm.



Gambar 6.8 Denah Link untuk Arah Memanjang



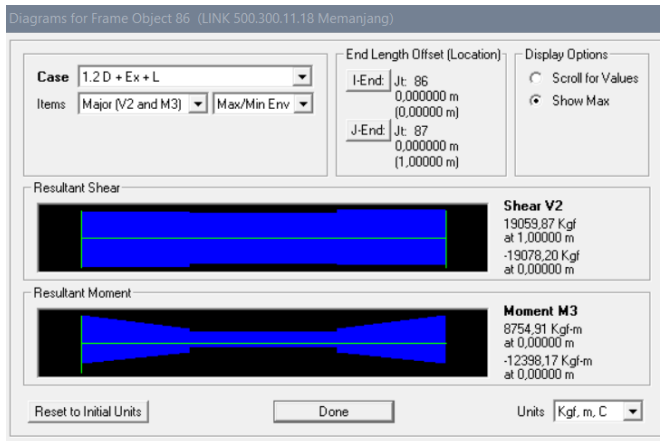
**Gambar 6.9** Detail tampak Balok Link arah memanjang

Untuk Link Arah Memanjang digunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data profil sebagai berikut :

d =	488	mm	ix =	20,8	cm
bf =	300	mm	iy =	7,04	cm
tf =	18	mm	Zx =	3100	cm
tw =	11	mm	Zy =	809	cm
A =	163,5	cm <sup>2</sup>	Sx =	2910	cm
w =	128	kg/m	Sy =	541	cm
Ix =	71000	mm	r =	26	cm
Iy =	8110	mm	h =	400	cm

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk Link Arah Memanjang didapat gaya dalam sebagai berikut :

Mu	=	12398,17	kg.m	Nu	=	3978,82	kg
Vu	=	19078,2	kg	Δe	=	3,718	mm



**Gambar 6.10** Hasil output gaya dalam pada Link Arah Memanjang

Kontrol terhadap beban aksial terfaktor

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 163,5 \times 2500 = 408750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Kuat Tekan

$$\begin{aligned} N_u &< 0,15 N_y \\ 3978,82 &< 0,15 \times 408750 \\ 3978,82 &< 61312,5 \longrightarrow \text{Tidak Dipertimbangkan} \\ &\hspace{10em} \text{pada Kuat geser rencana} \end{aligned}$$

Maka pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana di asumsikan  $N_u$  adalah 0 kg atau tidak diperhitungkan.

Kemudian di kontrol terhadap nilai  $N_u / \phi N_y > 0.125$  atau  $N_u / \phi N_y < 0.125$  untuk menentukan persamaan yang akan digunakan pada perhitungan rasio lebar terhadap tebal, sudut roasi link dan geser penampang.

$$\begin{array}{rcl}
 Nu / \phi N_y & < & 0,125 \\
 0 & < & 0,125 \\
 0 & < & 0,125 \quad \longrightarrow \text{Persyaratan 1}
 \end{array}$$

*Keterangan :*

- Kontrol Aksial Terfaktor (Pasal 15.13.2.5 dan 6 SNI 03-1729-2002)

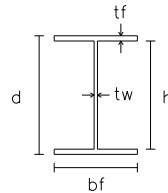
### Kontrol Kapasitas Penampang

#### Kapasitas Momen Penampang

Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{36} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{fy}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$



#### Cek Persyaratan

$$\begin{array}{rcl}
 \lambda & < & \lambda_p \\
 8,33 & < & 8,54 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}
 \end{array}$$

Pelat Badan

Karena  $Nu / \phi N_y < 0.125$  , maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_p &= \frac{1365}{\sqrt{fy}} \left( 1 - 1,54 \frac{Nu}{\phi N_y} \right) \geq \frac{665}{\sqrt{fy}} \\
 &= \frac{1365}{15,8} (1 - 1,54 \times 0,00) \geq \frac{665}{15,8} \\
 &= 86,33
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan

$$\begin{array}{ccc} \lambda & < & \lambda_p \\ 36,36 & < & 86,33 \end{array} \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 3100 \times 2500 \\ &= 7749590 \text{ kg.cm} = 77495,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{ccc} \mu & < & \phi M_n \\ 12398,2 & < & 0,9 \times 77495,9 \\ 12398,2 & < & 69746,31 \text{ kg.m} \end{array} \longrightarrow \text{....OK}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- *Pelat Badan dan Sayap* (Tabel 15.7-1 SNI 03-1729-2002)

**Kapasitas Geser Penampang**

Karena  $N_u / \phi N_y < 0,125$  , maka perhitungan kuat geser nominal link ( $V_n$ ) diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $\frac{2M_p}{e}$  ,

dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. } V_p &= 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (49 - 2 \times 1,8) \times 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{2M_p}{e} &= \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 3100 \times 2500}{100} \\ &= 154991,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, kuat geser nominal ( $V_n$ ) yang menentukan adalah 74580 kg

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rclcl} V_u & < & \phi V_n & & \\ 19078,2 & < & 0.9 \times 74580 & & \\ 19078,2 & < & 67122 \text{ kg.m} & \longrightarrow & \dots OK \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Kontrol Geser Rencana (Pasal 15.13.2.6 SI 03-1729-2002)*

**Kontrol Sudut Rotasi Link**

Karena  $N_u / \phi N_y < 0.125$ , maka persyaratan kategori jenis link adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{rclcl} 1,6 \frac{M_p}{V_p} & \geq & e & \leq & 2,6 \frac{M_p}{V_p} \\ 1,6 \frac{7749590}{74580} & \geq & 100 & \leq & 2,6 \frac{7749590}{74580} \\ 166,26 & \geq & 100 & \leq & 270,17 \end{array}$$

Dari hasil diatas, jenis link termasuk kategori *Link Geser* sehingga berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7 didapatkan Sudut Rotasi Link yang diijinkan ( $\Delta$ ) untuk Link Geser adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{rcl} - \gamma_{\text{maks}} & = & 0,08 \text{ rad} \quad \left( e \leq 1,6 \frac{M_p}{V_p} \right) \\ - \Delta & = & C_d \times \Delta_e \\ & = & 4 \times 3,718 \text{ mm} = 14,87 \text{ mm} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad \gamma_p &= \left( \frac{L}{e} \right) \times \theta_p = \left( \frac{L}{e} \right) \times \left( \frac{\Delta}{h1} \right) \\
 &= \left( \frac{7000}{1000} \right) \times \left( \frac{14,78}{3300} \right) \\
 &= 0,032 \text{ rad}
 \end{aligned}$$

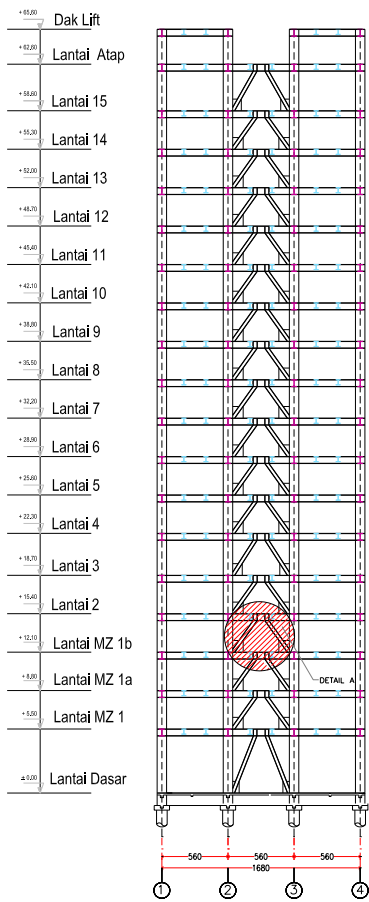
Cek Persyaratan

$$\begin{array}{rclcl}
 \gamma_{\text{maks}} & > & \gamma_p & & \\
 0,08 \text{ rad} & > & 0,032 \text{ rad} & \longrightarrow & \text{....OK}
 \end{array}$$

Sehingga profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dapat digunakan sebagai Balok Link Arah Memanjang

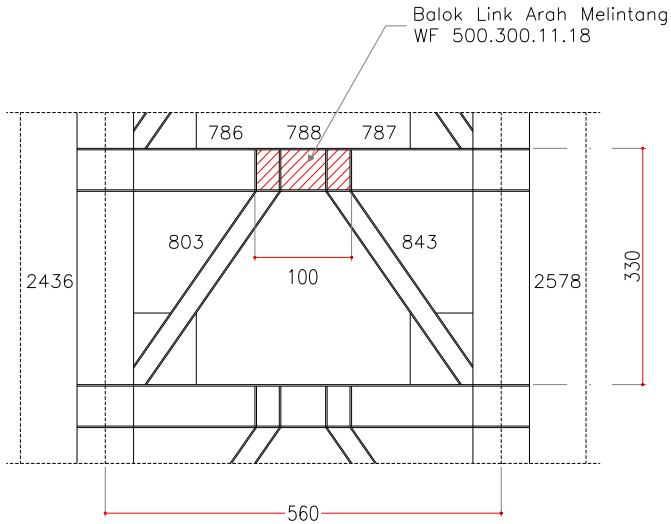
6.1.3.2 Link Arah Melintang

Pada perhitungan Link Arah Memanjang dipilih link dengan nilai geser terbesar yaitu pada Elemen 788. Panjang link beam direncanakan sepanjang 100 cm.



Gambar 6.11 Denah Link untuk Arah Melintang





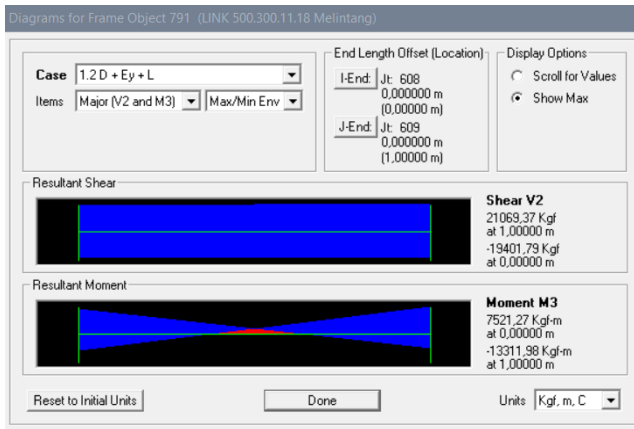
**Gambar 6.12** Detail tampak balok link arah melintang

Untuk Link Arah Memanjang digunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data profil sebagai berikut :

d =	488	mm	ix =	20,8	cm
bf =	300	mm	iy =	7,04	cm
tf =	18	mm	Zx =	3100	cm
tw =	11	mm	Zy =	809	cm
A =	163,5	cm <sup>2</sup>	Sx =	2910	cm
w =	128	kg/m	Sy =	541	cm
Ix =	71000	mm	r =	26	cm
Iy =	8110	mm	h =	400	cm

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk Link Arah Memanjang didapat gaya dalam sebagai berikut :

Mu =	13311,98	kg.m	Nu =	2261,79	kg
Vu =	21069,37	kg	Δe =	4,287	mm



**Gambar 6.13** Hasil output gaya dalam pada Link Arah Memanjang

Kontrol terhadap beban aksial terfaktor

$$N_y = A_g \times f_y$$

$$= 163,5 \times 2500 = 408750 \text{ kg}$$

Cek Terhadap Kuat Tekan

$$N_u < 0,15 N_y$$

$$2261,79 < 0,15 \times 408750$$

$$2261,79 < 61312,5 \longrightarrow \text{Tidak Dipertimbangkan pada Kuat geser rencana}$$

Maka pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana di asumsikan  $N_u$  adalah 0 kg atau tidak diperhitungkan.

Kemudian di kontrol terhadap nilai  $N_u / \phi N_y > 0.125$  atau  $N_u / \phi N_y < 0.125$  untuk menentukan persamaan yang akan digunakan pada perhitungan rasio lebar terhadap tebal, sudut roasi link dan geser penampang.

$$\begin{array}{rcl}
 Nu / \phi N_y & < & 0,125 \\
 0 & < & 0,125 \\
 0 & < & 0,125 \quad \longrightarrow \text{Persyaratan 1}
 \end{array}$$

Keterangan :

- Kontrol Aksial Terfaktor (Pasal 15.13.2.5 dan 6 SNI 03-1729-2002)

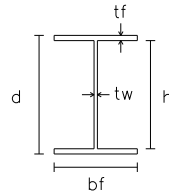
### Kontrol Kapasitas Penampang

#### Kapasitas Momen Penampang

Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{36} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{fy}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$



#### Cek Persyaratan

$$\begin{array}{rcl}
 \lambda & < & \lambda_p \\
 8,33 & < & 8,54 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}
 \end{array}$$

Pelat Badan

Karena  $Nu / \phi N_y < 0,125$  , maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_p &= \frac{1365}{\sqrt{fy}} \left( 1 - 1,54 \frac{Nu}{\phi N_y} \right) \geq \frac{665}{\sqrt{fy}} \\
 &= \frac{1365}{15,8} (1 - 1,54 \times 0,00) \geq \frac{665}{15,8} \\
 &= 86,33
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan

$$\begin{array}{ccc} \lambda & < & \lambda_p \\ 36,36 & < & 86,33 \end{array} \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 3100 \times 2500 \\ &= 7749590 \text{ kg.cm} = 77495,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{ccc} \mu & < & \phi M_n \\ 13312,0 & < & 0,9 \times 77495,9 \\ 13312,0 & < & 69746,31 \text{ kg.m} \end{array} \longrightarrow \text{....OK}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- *Pelat Badan dan Sayap* (Tabel 15.7-1 SNI 03-1729-2002)

**Kapasitas Geser Penampang**

Karena  $N_u / \phi N_y < 0,125$  , maka perhitungan kuat geser nominal link ( $V_n$ ) diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $\frac{2M_p}{e}$  ,

dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. } V_p &= 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (49 - 2 \times 1,8) \times 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{2M_p}{e} &= \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 3100 \times 2500}{100} \\ &= 154991,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, kuat geser nominal ( $V_n$ ) yang menentukan adalah 74580 kg

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} V_u & < & \phi V_n \\ 21069,4 & < & 0.9 \times 74580 \\ 21069,4 & < & 67122 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Kontrol Geser Rencana (Pasal 15.13.2.6 SI 03-1729-2002)*

**Kontrol Sudut Rotasi Link**

Karena  $N_u / \phi N_y < 0.125$ , maka persyaratan kategori jenis link adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} 1,6 \frac{M_p}{V_p} & \geq & e \leq 2,6 \frac{M_p}{V_p} \\ 1,6 \frac{7749590}{74580} & \geq & 100 \leq 2,6 \frac{7749590}{74580} \\ 166,26 & \geq & 100 \leq 270,17 \end{array}$$

Dari hasil diatas, jenis link termasuk kategori *Link Geser* sehingga berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7 didapatkan Sudut Rotasi Link yang diijinkan ( $\Delta$ ) untuk Link Geser adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} - \gamma_{\text{maks}} & = & 0,08 \text{ rad} \quad (e \leq 1,6 \frac{M_p}{V_p}) \\ - \Delta & = & C_d \times \Delta e \\ & = & 4 \times 4,287 \text{ mm} = 17,15 \text{ mm} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad \gamma_p &= \left( \frac{L}{e} \right) \times \theta_p = \left( \frac{L}{e} \right) \times \left( \frac{\Delta}{hl} \right) \\
 &= \left( \frac{5600}{1000} \right) \times \left( \frac{17,15}{3300} \right) \\
 &= 0,029 \text{ rad}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan

$$\begin{array}{rclcl}
 \gamma_{\text{maks}} & > & \gamma_p & & \\
 0,08 \text{ rad} & > & 0,029 \text{ rad} & \longrightarrow & \text{....OK}
 \end{array}$$

Sehingga profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dapat digunakan sebagai Balok Link Arah Melintang

### 6.1.3.3 Pengaku Link Arah Memanjang

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.3.1, Dititik pertemuan dengan batang bresing pada Link, harus dipasang pengaku setinggi badan Link dan berada di kedua sisi pelat badan Link. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari  $(bf - 2tf)$  dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara  $0,75tw$  atau 10 mm,  $bf$  dan  $tw$  merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan Link.

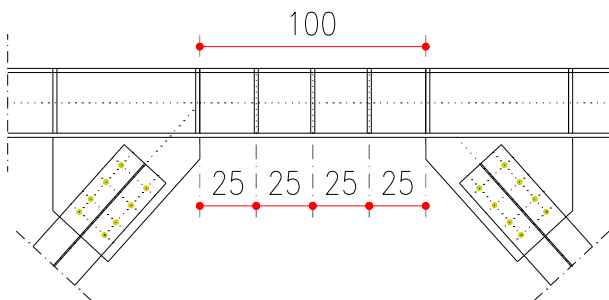
Dari hasil perhitungan Balok Link sebelumnya, link termasuk jenis *Link Geser* ( $e \leq M_p / V_p$ ) dengan ketentuan pengaku link sebagai berikut :

Perhitungan Jarak Pengaku Link :

$$\begin{aligned}\text{Untuk } \gamma &= 0,08 \text{ radian} \\ S &= 30 \times tw - d / 5 \\ &= 30 \times 1,1 - 48,8 / 5 = 23,24 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Untuk } \gamma &= 0,02 \text{ radian} \\ S &= 52 \times tw - d / 5 \\ &= 52 \times 1,1 - 48,8 / 5 = 47,44 \text{ cm}\end{aligned}$$

Karena Link Termasuk *Link Geser* maka, di pakai jarak pengaku link 0,08 rad yaitu  $S = 23,2 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$



**Gambar 6.14** Jarak pengaku link pada arah memanjang

#### 6.1.3.4 Pengaku Link Arah Melintang

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.3.1, Dititik pertemuan dengan batang bresing pada Link, harus dipasang pengaku setinggi badan Link dan berada di kedua sisi pelat badan Link. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari  $(bf - 2tf)$  dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara  $0,75tw$  atau 10 mm,  $bf$  dan  $tw$  merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan Link.

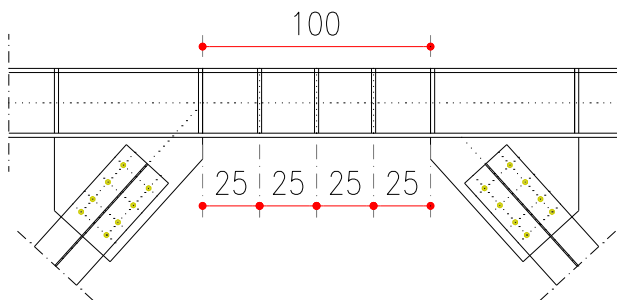
Dari hasil perhitungan Balok Link sebelumnya, link termasuk jenis *Link Geser* ( $e \leq M_p / V_p$ ) dengan ketentuan pengaku link sebagai berikut :

Perhitungan Jarak Pengaku Link :

$$\begin{aligned}\text{Untuk } \gamma &= 0,08 \text{ radian} \\ S &= 30 \times tw - d / 5 \\ &= 30 \times 1,1 - 48,8 / 5 = 23,24 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Untuk } \gamma &= 0,02 \text{ radian} \\ S &= 52 \times tw - d / 5 \\ &= 52 \times 1,1 - 48,8 / 5 = 47,44 \text{ cm}\end{aligned}$$

Karena Link Termasuk *Link Geser* maka, di pakai jarak pengaku link 0,08 rad yaitu  $S = 23,2 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$



**Gambar 6.15** Jarak pengaku link pada arah melintang



### 6.1.4 Balok Luar Link

#### 6.1.4.1 Balok Luar Link Memanjang

Untuk Balok Luar Link Arah Memanjang digunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data profil sebagai berikut :

d =	488	mm	ix =	20,8	cm
bf =	300	mm	iy =	7,04	cm
tf =	18	mm	Zx =	3100	cm
tw =	11	mm	Zy =	809	cm
A =	163,5	cm <sup>2</sup>	Sx =	2910	cm
w =	128	kg/m	Sy =	541	cm
Ix =	71000	mm	r =	26	cm
Iy =	8110	mm	h =	400	cm

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk Balok Luar Link Arah Memanjang didapat gaya dalam sebagai berikut :

Mu	=	11767.24	kg.m
Vu	=	12117.48	kg

Gaya dalam yang dihasilkan dari program bantu SAP 2000v14 diperoleh dari Frame 88 dengan Kombinasi 1.2 D + 1 Ex + 1 L untuk Momen dan Geser Maksimum, dan Aksial Maksimum.

Kuat perlu dan kuat rencana geser balok yang terletak di luar *link* diambil berdasarkan *SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2 ayat 1*, bahwa kuat perlu balok yang terletak diluar link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal link sebesar  $R_y.V_n$  :

#### Kuat Geser Perlu Balok di Luar Link

Untuk menentukan kuat geser perlu pada balok luar link terlebih dahulu menentukan kuat geser nominal link. Kuat geser nominal

[illegible]

Keterangan :

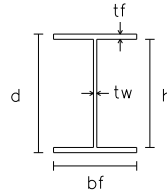
- Kontrol Geser Rencana (Pasal 15.13.2.6 SI 03-1729-2002)
- Kuat geser Perlu (SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2 ayat 1)

### Kapasitas Momen Penampang

#### Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



#### Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{36} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

#### Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 36,36 &< 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &< \lambda_{pf} \\ 8,33 &< 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak} \end{aligned}$$

Keterangan :

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 3100 \times 2500 \\ &= 7749590 \text{ kg.cm} = 77495,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 11767,2 & < & 0.9 \times 77495,9 \\ 11767,2 & < & 69746,31 \text{ kg.m} \rightarrow \dots OK \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1727: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1727:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1727:2015)

**Kapasitas Geser Penampang :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk balok diluar link dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n \times R_y$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v R_y$$

Karena penampang menerima beban transfersal maka, perhitungan  $C_v$  dan  $K_v$  dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

Menentukan Koefisien Tekuk Geser pelat Badan ( $K_v$ ) :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{L-e}{2} = \frac{7000-1000}{2} = 3000 \text{ mm}$$

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{\alpha}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{3000}{400}\right)^2} = 5,09$$

Menentukan Koefisien Geser Badan ( $C_v$ ):

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{11} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5,09 \times 2000000}{2500}}$$

$$36,36 \leq 70,186 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \times R_y \\ &= 0,6 \times 2500 \times 53,7 \times 1,0 \times 1,5 \\ &= 120780 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 120780 \text{ kg} \\ &= 108702 \text{ kg} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- $R_y = 1,5$  (Pasal 15.5.2 SNI 03-1729-2002)
- $\phi = 0.9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

### Kontrol Interaksi Geser dan Lentur

Pada perhitungan balok diluar link, dengan program bantuan SAP 2000 di dapatkan Output Momen Maksimum adalah 12342,6 kg.m.

Maka perhitungan interaksi geser lenturnya adalah sebagai berikut :

$$\frac{Mu}{\phi Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi Vn} \leq 1,375$$

$$\frac{11767,24}{0,9 \times 69746,31} + 0,625 \frac{123057}{0,9 \times 120780} \leq 1,375$$

$$0,88 \leq 1,375 \quad \text{.....OK!}$$

*Keterangan :*

- *Interaksi Geser Lentur* (Bab 8 Pasal 8.9.3 SNI 03-1729-2002)

#### 6.1.4.2 Balok Luar Link Melintang

Untuk Balok Luar Link Arah Memanjang digunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data profil sebagai berikut :

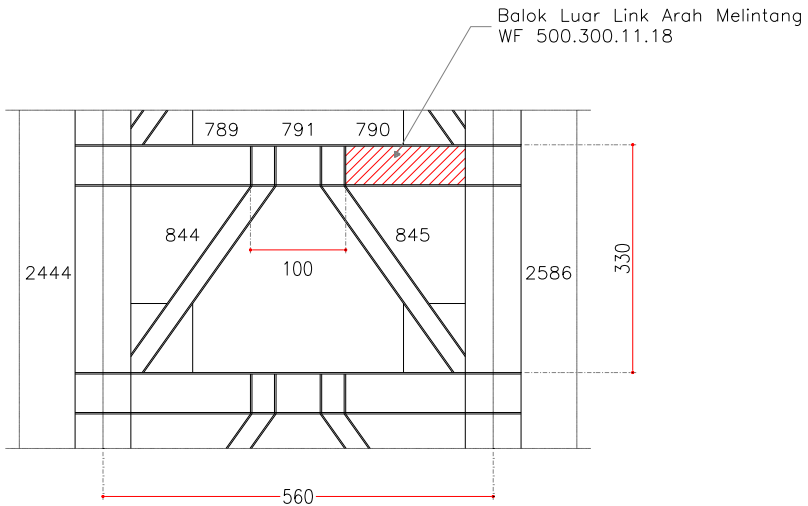
d =	488	mm	ix =	20,8	cm
bf =	300	mm	iy =	7,04	cm
tf =	18	mm	Zx =	3100	cm
tw =	11	mm	Zy =	809	cm
A =	163,5	cm <sup>2</sup>	Sx =	2910	cm
w =	128	kg/m	Sy =	541	cm
Ix =	71000	mm	r =	26	cm
Iy =	8110	mm	h =	400	cm

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk Balok Luar Link Arah Melintang didapat gaya dalam sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 13557,78 \text{ kg.m} \\ \text{Vu} &= 16410,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya dalam yang dihasilkan dari program bantu SAP 2000v14 diperoleh dari Frame 88 dengan Kombinasi 1.2 D + 1 Ex + 1 L untuk Momen dan Geser Maksimum, dan Aksial Maksimum.

Kuat perlu dan kuat rencana geser balok yang terletak di luar *link* diambil berdasarkan *SNI 03-129-2002 Pasal 15.13.6.2 ayat 1*, bahwa kuat perlu balok yang terletak diluar link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal link sebesar  $R_y.V_n$  :



**Gambar 6.17** Denah balok luar link arah melintang

### Kuat Geser Perlu Balok di Luar Link

Untuk menentukan kuat geser perlu pada balok luar link terlebih dahulu menentukan kuat geser nominal link. Kuat geser nominal link ( $V_n$ ) diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $\frac{2Mp}{e}$ , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. } V_p &= 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (49 - 2 \times 1,8) \times 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{2Mp}{e} &= \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 3100 \times 2500}{100} \\ &= 154991,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, kuat geser nominal ( $V_n$ ) yang menentukan adalah 74580 kg. Sehingga kuat geser perlu ( $V_u$ ) perumusannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 \times R_y \times V_n \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 74580 = 123057 \text{ kg} \end{aligned}$$

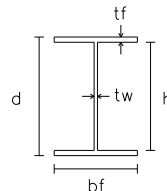
*Keterangan :*

- Kontrol Geser Rencana (Pasal 15.13.2.6 SI 03-1729-2002)
- Kuat geser Perlu (SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2 ayat 1)

### Kapasitas Momen Penampang Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$





Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{36} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$36,36 < 106,35 \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 3100 \times 2500 \\ &= 7749590 \text{ kg.cm} = 77495,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 13557,6 &< 0,9 \times 77495,9 \\ 13557,6 &< 69746,31 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1727: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1727:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1727:2015)

### **Kapasitas Geser Penampang :**

Kekuatan Geser Nominal ( $V_n$ ) untuk balok diluar link dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n \times R_y$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v R_y$$

Karena penampang menerima beban transfersal maka, perhitungan  $C_v$  dan  $K_v$  dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

*Menentukan Koefisien Tekuk Geser pelat Badan ( $K_v$ ) :*

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,4 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{L-e}{2} = \frac{7000-1000}{2} = 3000 \text{ mm}$$

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{\alpha}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{3000}{400}\right)^2} = 5,09$$

*Menentukan Koefisien Geser Badan ( $C_v$ ):*

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{11} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5,09 \times 2000000}{2500}}$$

$$36,36 \leq 70,186 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai  $C_v$  adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \times R_y \\ &= 0,6 \times 2500 \times 53,7 \times 1,0 \times 1,5 \\ &= 120780 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 120780 \text{ kg} \\ &= 108702 \text{ kg} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- $R_y = 1,5$  (Pasal 15.5.2 SNI 03-1729-2002)
- $\phi = 0.9$  (Pasal G1 SNI 1729:2015)

### **Kontrol Interaksi Geser dan Lentur**

Pada perhitungan balok diluar link, dengan program bantuan SAP 2000 di dapatkan Output Momen Maksimum adalah 12342,6 kg.m.

Maka perhitungan interaksi geser lenturnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} &\leq 1,375 \\ \frac{13557,58}{0,9 \times 69746,31} + 0,625 \frac{123057}{0,9 \times 120780} &\leq 1,375 \\ 0,90 &\leq 1,375 \quad \text{.....OK!} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

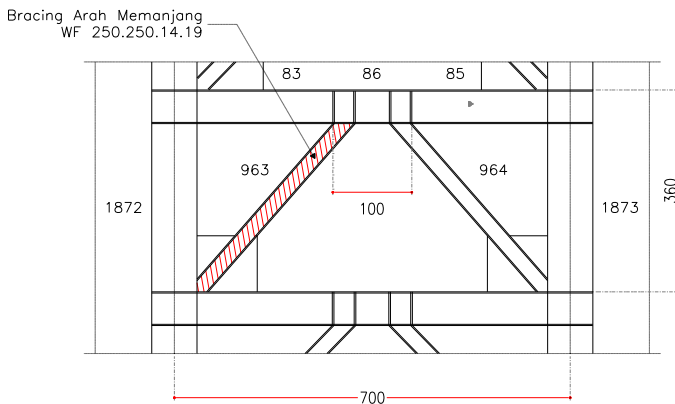
- *Interaksi Geser Lentur* (Bab 8 Pasal 8.9.3 SNI 03-1729-2002)

## 6.1.5 Bresing

### 6.1.5.1 Bresing Arah Memanjang

Untuk Bresing Arah Memanjang digunakan profil WF 200 x 200 x 8 x 12 dengan data profil sebagai berikut :

d =	200	mm	ix =	8,62	cm
bf =	200	mm	iy =	5,02	cm
tf =	12	mm	Zx =	513	cm
tw =	8	mm	Zy =	240	cm
A =	63,5	cm <sup>2</sup>	Sx =	472	cm
w =	49,9	kg/m	Sy =	150	cm
Ix =	4720	mm	r =	13	cm
Iy =	1600	mm	h =	150	cm



**Gambar 6.18** Denah Bresing arah memanjang

Berdasarkan *SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1*, kombinasi aksial dan lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh link yaitu sebesar 1,25 kali geser nominal ( $V_n$ ) sebesar  $R_y V_n$ .

$$\begin{aligned}
 V_p &= 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (20 - 2 \times 1,2) \times 0,8 \\
 &= 21120 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \times R_y \times V_n \\
 &= 1,25 \times 1,5 \times 21120 = 39600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

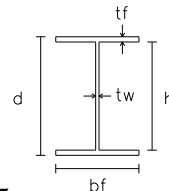
$$\begin{aligned}
 P_u \text{ Tekan} &= P_u \text{ Tarik} \\
 &= \frac{V_u}{\sin \alpha} = 39600 = 53517,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### Kapasitas Momen Penampang

#### Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{150}{8} = 18,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



#### Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

### Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw}$$

$$18,75 < 106,35 \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

Karena Penampang Kompak pada maka persamaan perhitungan momennya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

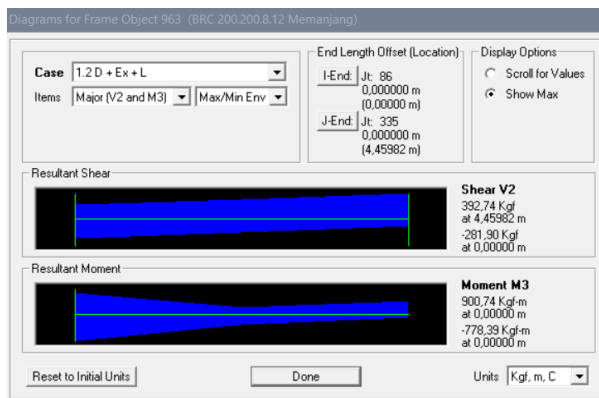
$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \times F_y \\ &= 513 \times 2500 \\ &= 1282880 \text{ kg.cm} = 12828,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

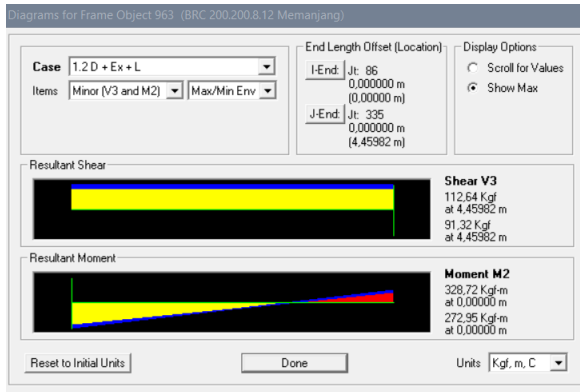
$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \times F_y \\ &= 240 \times 2500 \\ &= 599540 \text{ kg.cm} = 5995,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Hasil Output Momen dari SAP 2000v14 didapatkan sebagai berikut :

$$M_{ux} = 900,74 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 328,72 \text{ kg.m}$$





**Gambar 6.19** Hasil Output Momen Maksimum pada Bracing Arah Memanjang

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rclcl}
 M_{ux} & < & \phi M_{ny} & & \\
 900,7 & < & 0,9 \times 12828,8 & & \\
 900,7 & < & 11545,92 \text{ kg.m} & \longrightarrow & \text{....OK}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rclcl}
 M_{uy} & < & \phi M_{ny} & & \\
 328,7 & < & 0,9 \times 5995,86 & & \\
 328,7 & < & 5395,86 \text{ kg.m} & \longrightarrow & \text{....OK}
 \end{array}$$

**Kapasitas Kuat Tekan Penampang**

Kontrol Kelangsingan Penampang

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{200}{8} = 25,00$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,14$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_r = 0,56\sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56\sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_r$$

$$25,00 < 42,14 \longrightarrow \text{Penampang} \quad \text{Non} \\ \text{Langsing}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_r$$

$$8,33 < 15,84 \longrightarrow \text{Penampang} \quad \text{Non} \\ \text{Langsing}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1a SNI 1729:2015)

Karena Penampang Non Langsing pada maka perhitungan kuat tekan nominalnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{- Panjang Profil (L}_{Br}) &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ &= \sqrt{330^2 + 300^2} = 445,98 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{- } K = 1 \quad (\text{Lampiran 7 Pasal 7.2 ayat 3a SNI 1729:2015})$$



$$\text{Arah X} = \frac{KL}{i_x} = \frac{1 \times 445,98}{8,62} = 51,74$$

$$\text{Arah Y} = \frac{KL}{i_y} = \frac{1 \times 445,98}{5,02} = 88,84$$

Maka, diambil  $\frac{KL}{i}$  dengan nilai terbesar yaitu 88,84

Cek Tegangan Kritis ( $F_{cr}$ ) :

$$\begin{aligned} \frac{KL}{i} &\leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ 88,84 &\leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\ 88,84 &\leq 133,22 \longrightarrow \text{Persyaratan 1} \end{aligned}$$

Maka, nilai tegangan kritis dengan persyaratan 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left( 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right) f_y = \left( 0,658^{\frac{250}{250}} \right) 250 \\ &= 164,526 \text{ MPa} = 1645,26 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

dimana ,

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{i} \right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left( \frac{1 \times 4460}{50,2} \right)^2} = 250,093 \text{ MPa}$$

**Kuat Tekan Nominal ( $P_n$ ) :**

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \times A_g \times R_y \\
 &= 1645,26 \times 92,2 \times 1,5 = 156784,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Cek Persyaratan Desain :**

$$\begin{array}{rcl}
 P_u & < & \phi P_n \\
 75943,7 & < & 0,9 \times 156784,8 \\
 75943,7 & < & 141106,32 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK}
 \end{array}$$

***Keterangan :***

- *Kuat Tekan Nominal* (Pasal E3 Pers. E3-1 SNI 1729: 2015)
- *Tegangan Kritis* (Bab E Pasal E3 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$  (Pasal E1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

**Kapasitas Kuat Tarik Penampang**

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_y \times A_g \times R_y \\
 &= 2500 \times 63,5 \times 1,5 = 238237,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

***Keterangan :***

- *Kuat Tarik Nominal* (Pasal D2 Pers. D2-1 SNI 1729:2015)

**Cek Persyaratan Desain :**

$$\begin{array}{rcl}
 P_u & < & \phi P_n \\
 53517,8 & < & 0,9 \times 238237,5 \\
 53517,8 & < & 214413,75 \text{ kg} \longrightarrow \text{....OK}
 \end{array}$$

**Kontrol Interaksi Aksial Lentur**

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll}
 M_{ux} &= 900,74 & \text{kg.m} & P_n = 53517,85 \text{ kg} \\
 M_{uy} &= 328,72 & \text{kg.m} & P_u = 156784,8 \text{ kg} \\
 M_{nx} &= 12828,8 & \text{kg.m} & M_{ny} = 5995,4 \text{ kg.m}
 \end{array}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 260137,7 = 221117,08 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{53517,85}{133267,08} = 0,402 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 1* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{53517,84}{133267,08} + \frac{8}{9} \left( \frac{900,74}{12828,8} + \frac{328,72}{5995,4} \right) \leq 1,0$$

$$0,53 \leq 1,0 \quad \dots OK$$

*Keterangan :*

- *Pers. Interaksi Aksial Lentur* (Pasal 7.4.3.3 SNI 03-1729-2002)

### 6.1.5.2 Bresing Arah Melintang

Untuk Bresing Arah Melintang digunakan profil WF 200 x 200 x 8 x 12 dengan data profil sebagai berikut :

d =	200	mm	ix =	8,62	cm
bf =	200	mm	iy =	5,02	cm
tf =	12	mm	Zx =	513	cm
tw =	8	mm	Zy =	240	cm
A =	63,5	cm <sup>2</sup>	Sx =	472	cm
w =	49,9	kg/m	Sy =	160	cm
Ix =	4720	mm	r =	13	cm
Iy =	1600	mm	h =	150	cm

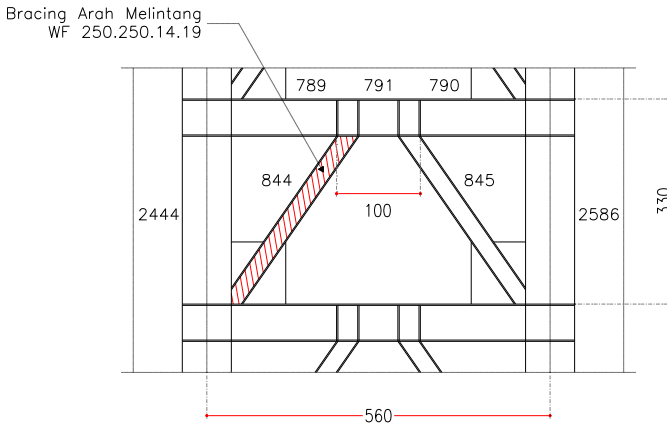
Berdasarkan *SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1*, kombinasi aksial dan lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh link yaitu sebesar 1,25 kali geser nominal ( $V_n$ ) sebesar  $R_y V_n$ .

$$\begin{aligned}
 V_p &= 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (20 - 2 \times 1,2) \times 0,8 \\
 &= 21120 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \times R_y \times V_n \\
 &= 1,25 \times 1,5 \times 21120 = 39600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_{u \text{ Tekan}} = P_{u \text{ Tarik}}$$

$$= \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{39600}{\sin 55,12^\circ} = 4863,2 \text{ kg}$$

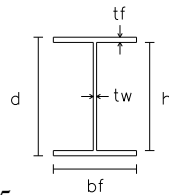


**Gambar 6.20** Denah Bresing arah melintang

### **Kapasitas Momen Penampang** **Pelat Badan**

$$\frac{h}{tw} = \frac{150}{8} = 18,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



### **Pelat Sayap**

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$18,75 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

Karena Penampang Kompak pada maka persamaan perhitungan momennya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

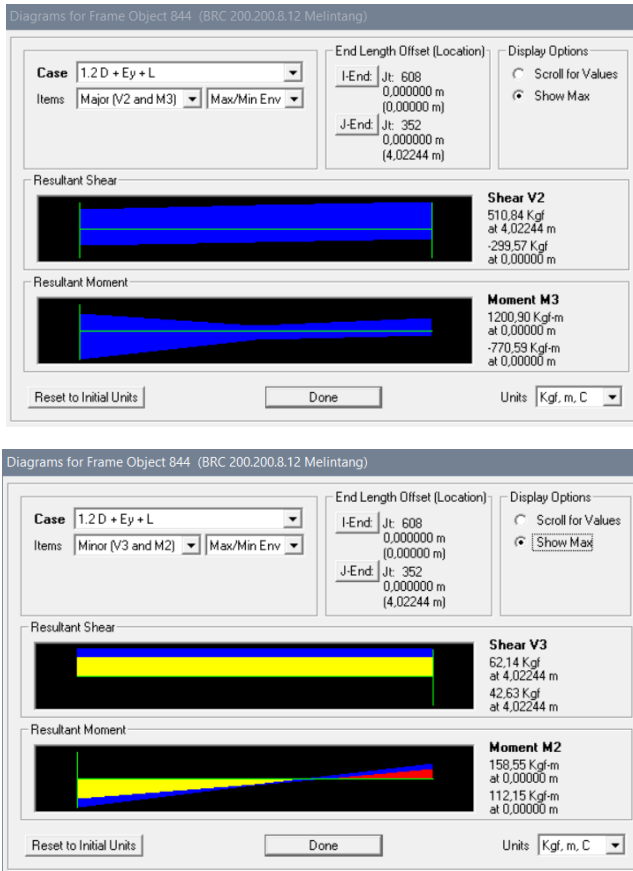
$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \times F_y \\ &= 513 \times 2500 \\ &= 1282880 \text{ kg.cm} = 12828,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \times F_y \\ &= 240 \times 2500 \\ &= 599540 \text{ kg.cm} = 5995,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Hasil Output Momen dari SAP 2000v14 didapatkan sebagai berikut :

$$M_{ux} = 1200,9 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 158,55 \text{ kg.m}$$



**Gambar 6.21** Hasil Output momen maksimum pada bracing arah melintang

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 M_{ux} & < & \phi M_{ny} \\
 1200,9 & < & 0.9 \times 12828,8 \\
 1200,9 & < & 11545,92 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rclcl}
 \text{Muy} & < & \emptyset \text{ Mny} & & \\
 158,6 & < & 0,9 \times 5995,86 & & \\
 158,6 & < & 5395,86 \text{ kg.m} & \longrightarrow & \dots OK
 \end{array}$$

### **Kapasitas Kuat Tekan Penampang**

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{200}{8} = 25,00$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,14$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

#### Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{array}{rclcl}
 \frac{h}{tw} & < & \lambda_r & & \\
 25,00 & < & 42,14 & \longrightarrow & \text{Penampang Non Langsing}
 \end{array}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{array}{rclcl}
 \frac{bf}{2tf} & < & \lambda_r & & \\
 8,33 & < & 15,84 & \longrightarrow & \text{Penampang Non Langsing}
 \end{array}$$

*Keterangan :*



- *Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1a SNI 1729:2015)*

Karena Penampang Non Langsing pada maka perhitungan kuat tekan nominalnya adalah sebagai berikut :

- Panjang Profil ( $L_{Br}$ ) =  $\sqrt{a^2 + b^2}$   
 $= \sqrt{330^2 + 230^2} = 402,24 \text{ cm}$
- $K = 1$  ( *Lampiran 7 Pasal 7.2 ayat 3a SNI 1729:2015*)

$$\text{Arah X} = \frac{KL}{i_x} = \frac{1 \times 402,24}{8,62} = 46,66$$

$$\text{Arah Y} = \frac{KL}{i_y} = \frac{1 \times 402,24}{5,02} = 80,13$$

Maka, diambil  $\frac{KL}{i}$  dengan nilai terbesar yaitu 80,13

Cek Tegangan Kritis ( $F_{cr}$ ) :

$$\begin{aligned} \frac{KL}{i} &\leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ 80,13 &\leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\ 80,13 &\leq 133,22 \longrightarrow \text{Persyaratan 1} \end{aligned}$$

Maka, nilai tegangan kritis dengan persyaratan 1 adalah sebagai berikut :

$$F_{cr} = \left( 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right) f_y = \left( 0,658^{\frac{250}{307}} \right) 250$$

$$= 177,88 \text{ MPa} = 1778,8 \text{ kg/cm}^2$$

dimana ,

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{i} \right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left( \frac{1 \times 4022}{50,2} \right)^2} = 307,439 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal ( $P_n$ ) :

$$P_n = F_{cr} \times A_g \times R_y$$

$$= 1778,8 \times 63,5 \times 1,5 = 274304,36 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$P_u$	<	$\phi P_n$	
48269,2	<	0.9 x 169510,6	
48269,2	<	144084,01 kg.m	→ ....OK

*Keterangan :*

- Kuat Tekan Nominal (Pasal E3 Pers. E3-1 SNI 1729: 2015)
- Tegangan Kritis (Bab E Pasal E3 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### **Kapasitas Kuat Tarik Penampang**

$$P_n = F_y \times A_g \times R_y$$

$$= 2500 \times 63,5 \times 1,5 = 238237,5 \text{ kg}$$

*Keterangan :*

- Kuat Tarik Nominal (Pasal D2 Pers. D2-1 SNI 1729:2015)

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rclcl}
 P_u & < & \phi P_n & & \\
 48269,2 & < & 0,9 \times 238237,5 & & \\
 48269,2 & < & 214413,75 \text{ kg} & \longrightarrow & \dots OK
 \end{array}$$

**Kontrol Interaksi Aksial Lentur**

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll}
 M_{ux} & = & 1200,9 & \text{kg.m} & P_n & = & 169510,6 & \text{kg} \\
 M_{uy} & = & 158,55 & \text{kg.m} & P_u & = & 48269,24 & \text{kg} \\
 M_{nx} & = & 12828,8 & \text{kg.m} & M_{ny} & = & 5995,4 & \text{kg.m}
 \end{array}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 169510,6 = 144084,01 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{48269,24}{144084,01} = 0,335 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 1* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{48269,24}{144084,01} + \frac{8}{9} \left( \frac{1200,9}{12828,8} + \frac{158,55}{5995,4} \right) \leq 1,0$$

$$0,46 \leq 1,0 \dots OK$$

*Keterangan :*

- Pers. Interaksi Aksial Lentur (Pasal 7.4.3.3 SNI 03-1729-2002)

### 6.1.6 Kuda-Kuda

Kuda - Kuda Rangka Baja direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11 , panjang bentang 869 cm dengan data perencanaan sebagai berikut :

d =	350	mm	ix =	14,7	cm
bf =	175	mm	iy =	3,95	cm
tf =	11	mm	Zx =	841	cm
tw =	7	mm	Zy =	169	cm
A =	63,1	cm <sup>2</sup>	Sx =	775	cm
w =	49,6	kg/m	Sy =	112	cm
Ix =	13600	mm	r =	14	cm
Iy =	984	mm	h =	300	cm

Dari Analisa permodelan dengan SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada Kuda - Kuda Atap Rangka Baja adalah sebagai berikut :

- Mux = 1820,83 kg.m
- Muy = 130,56 kg.m
- Vu = 6175,6 kg

#### Kontrol Kuat Lentur akibat Tekuk Lokal

##### Pelat Badan

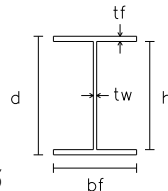
$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 42,86$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

##### Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$



Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,86 < 106,35 \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,95 < 10,75 \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

*Keterangan :*

- Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \times F_y \\ &= 841 \times 2500 \\ &= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \times F_y \\ &= 169 \times 2500 \\ &= 421295 \text{ kg.cm} = 4213,0 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} M_{ux} &< \phi M_{nx} \\ 1820,8 &< 0,9 \times 21021,2 \\ 1820,8 &< 1819,06 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &< \phi M_{ny} \\ 1930,5 &< 0,9 \times 4213,0 \\ 1930,5 &< 3791,66 \text{ kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\emptyset = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### **Kontrol Kuat Tekan Penampang**

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 25,00$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 43,14$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_r$$

$$42,86 < 43,14 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_r$$

$$7,95 < 15,84 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

*Keterangan :*

- *Pelat Badan dan Sayap* (Tabel B4.1a SNI 1729:2015)

Karena Penampang Non Langsing pada maka perhitungan kuat tekan nominalnya adalah sebagai berikut :

$$K = 1 \quad (\text{Lampiran 7 Pasal 7.2 Ayat 3a SNI 1729:2015})$$

$$\text{Arah X} = \frac{KL}{i_x} = \frac{1 \times 868,97}{14,7} = 59,11$$

$$\text{Arah Y} = \frac{KL}{i_y} = \frac{1 \times 868,97}{3,95} = 219,99$$

Maka, diambil  $\frac{KL}{i}$  dengan nilai terbesar yaitu 219,9

Cek Tegangan Kritis ( $F_{cr}$ ) :

$$\frac{KL}{i} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$219,9 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

$$219,9 \geq 133,22 \longrightarrow \text{Persyaratan 2}$$

Maka, nilai tegangan kritis dengan persyaratan 2 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0,877 \times F_e = 0,877 \times 40,786 \\ &= 35,77 \text{ MPa} = 357,70 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

dimana ,

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{1 \times 8690}{39,5}\right)^2} = 40,786 \text{ MPa}$$

**Kuat Tekan Nominal ( $P_n$ ) :**

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \times A_g \\
 &= 357,7 \text{ kg/cm}^2 \times 63,1 \text{ cm}^2 = 22584,92 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Cek Persyaratan Desain :**

$$\begin{array}{llll}
 P_u & < & \phi P_n & \\
 6175,6 & < & 0,9 \times 22584,9 & \\
 6175,6 & < & 22584,9 \text{ kg} & \longrightarrow \text{....OK}
 \end{array}$$

**Keterangan :**

- Kuat Tekan Nominal (*Pasal E3 Pers. E3-1 SNI 1729: 2015*)
- Tegangan Kritis (*Bab E Pasal E3 SNI 1729: 2015*)
- Persyaratan Desain (*Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015*)
- $\phi = 0,9$  (*Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015*)

**Kontrol Kelangsingan Kolom :**

Jarak penahan Lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang kolom yaitu 200 cm. Maka perhitunganya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) = 130 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 &= 1,76 \times 3,95 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 196,63 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

**Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral**

$$L_b < L_p = 130 < 196,63 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= Z_x \times F_y \\
 &= 841 \times 2500 \\
 &= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,18 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= Z_y \times F_y \\
 &= 169 \times 2500 \\
 &= 421295 \text{ kg.cm} = 4212,95 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{llll}
 M_{ux} & < & \phi M_{nx} & \\
 1820,8 & < & 0.9 \times 21021,18 & \\
 1820,8 & < & 18919,06 \text{ kg.m} & \longrightarrow \text{....OK} \\
 \\ 
 M_{uy} & < & \phi M_{ny} & \\
 130,6 & < & 0.9 \times 4212,95 & \\
 130,6 & < & 3791,66 \text{ kg.m} & \longrightarrow \text{....OK}
 \end{array}$$

*Keterangan :*

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$  (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

### **Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua**

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek  $P-\Delta$  ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1 / P_{e1}} \geq 1.00$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}}$$

a. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$M_1$	= 1784,38	kg.m	$P_1$	= 11404,02	kg
$M_2$	= 1820,83	kg.m	$L$	= 869	cm
$M_{nt}$	= 1820,83	kg.m	$P_{nt}$	= 6175,62	kg
$M_{lt}$	= 1705,16	kg.m	$P_{lt}$	= 5228,4	kg
$P_{Story}$	= 6175,6	kg	$\Delta_h$	= 28,78	mm
$H$	= 1229,7	kg			

*Perhitungan Komponen  $B_1$*

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 13600}{(1 \times 868,97)^2}$$

$$= 355515,9 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{1784,38}{1820,83} \right) = 0,208$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha \left( \frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{0,208}{1 - 1 \left( \frac{11404,02}{355516} \right)} \leq 1 \\
 &= 0,215 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan  $B_1$  adalah 1,00

*Perhitungan Komponen  $B_2$*

$$\begin{aligned}
 R_m &= 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left( \frac{0}{3175,62} \right) \\
 &= 1,00 \\
 P_{e1} &= R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{1230 \times 8690}{28,78} = 371235,311 \text{ kg} \\
 B_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \left( \frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - 1 \left( \frac{175,62}{371235} \right)} \leq 1 \\
 &= 1,02 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan  $B_2$  adalah 1,02

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1,00 \times 1820,83 + 1,02 \times 1705,16 \\ &= 3554,836 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 3554,836 kg.m

*b. Kuat Lentur Orde Kedua ( $M_r$ ) Arah Y*

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} M_1 &= 92,98 & \text{kg.m} & P_1 = 11404,02 \text{ kg} \\ M_2 &= 130,56 & \text{kg.m} & L = 869 \text{ cm} \\ \\ M_{nt} &= 130,56 & \text{kg.m} & P_{nt} = 6175,62 \text{ kg} \\ M_{lt} &= 265,37 & \text{kg.m} & P_{lt} = 5228,4 \text{ kg} \\ \\ P_{\text{Story}} &= 6175,6 & \text{kg} & \Delta_h = 0,160 \text{ mm} \\ H &= 194,81 & \text{kg} & \end{array}$$

*Perhitungan Komponen  $B_1$*

$$\begin{aligned} P_{e1} &= \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 984}{(1 \times 868,97)^2} \\ &= 25722,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{92,98}{130,56} \right) = 0,315$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \left( \frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,315}{1 - 1 \left( \frac{11404,02}{25723} \right)} \leq 1 \\
 &= 0,566 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan  $B_1$  adalah 1,00

*Perhitungan Komponen  $B_2$*

$$\begin{aligned}
 R_m &= 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left( \frac{0}{6175,62} \right) \\
 &= 1,00
 \end{aligned}$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{195 \times 8690}{0,16} = 10580252,86 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 B_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \left( \frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - 1 \left( \frac{6175,62}{10580253} \right)} \leq 1 \\
 &= 1,001 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan  $B_2$  adalah 1,001

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$M_{uy} = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,00 \times 130,56 + 1,001 \times 265,37 \\
 &= 396,08 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 396,08 kg.m

c. Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

Didapatkan data perencanaan dari SAP serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{nt} &= 6175,62 \text{ kg.m} & B_2 &= 1,017 \text{ kg} \\
 P_{lt} &= 5228,4 \text{ kg.m} \\
 P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\
 &= 6175,62 + 1,017 \times 5228,4 = 11492,47 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Kontrol Interaksi Aksial dan Momen**

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 3554,84 \text{ kg.m} & P_n &= 22584,92 \text{ kg} \\
 M_{uy} &= 396,08 \text{ kg.m} & P_r &= 11492,47 \text{ kg} \\
 M_{nx} &= 21021,18 \text{ kg.m} & M_{ny} &= 4213,0 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 22584,92 = 20326,4 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{11492,5}{20326,4} = 0,565 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 1* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{1492,5}{20326,4} + \frac{8}{9} \left( \frac{3554,84}{21021,18} + \frac{396,08}{4213,0} \right) \leq 1,0$$

$$0,83 \leq 1,0 \text{ ..... OK}$$

*Keterangan :*

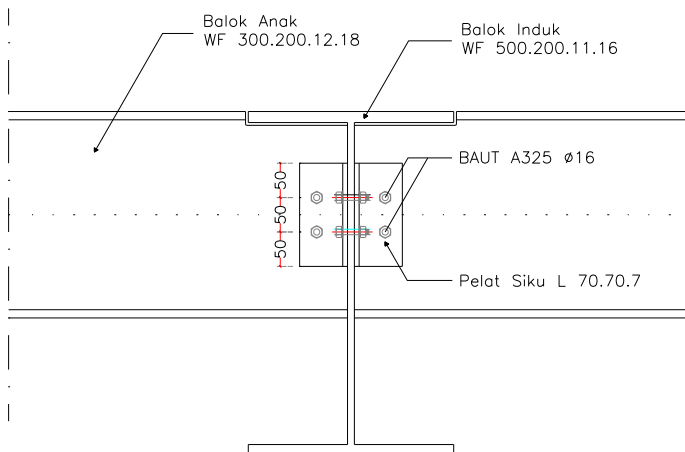
- *Pers. Interaksi Aksial Lentur* (Pasal 7.4.3.3 SNI 03-1729-2002)

## 6.2 Perencanaan Sambungan

### 6.2.1 Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Perencanaan sambungan antara balok anak dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak terbesar pada sambungan lantai parkir sebesar  $V_u = 9012,06$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :



**Gambar 6.22** Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

**Data Perencanaan :**

## - Sambungan Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

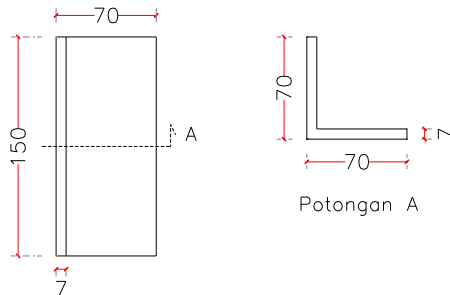
$$\varnothing \text{ baut} = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$$

$$A_b = 2,011 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 2 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

## - Pelat Siku ( 70 x 70 x 7)



$$t_p = 7 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 15 \text{ cm}$$

**Perhitungan Sambungan :**

## a. Sambungan siku dengan balok anak

## - Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

## - Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$



- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{9012,06}{8265,6} = 1,109, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \quad \text{atau 200 mm} \\ 3.16 & \leq & 50 & \leq & 15 \cdot 7 \quad \text{atau 200 mm} \\ 24 & \leq & 50 & \leq & 105 \quad \text{atau 200 mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau 200 mm} \\ 1,5.16 & \leq & 50 & \leq & 15.7 + 100 \quad \text{atau 200 mm} \\ 48 & \leq & 50 & \leq & 205 \quad \text{atau 200 mm} \end{array}$$

- b. Sambungan siku dengan balok induk

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset.V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 0.7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{9012,06}{8265,6} = 1,109, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \quad \text{atau 200 mm} \\ 3.16 & \leq & 50 & \leq & 15 \cdot 7 \quad \text{atau 200 mm} \\ 24 & \leq & 50 & \leq & 105 \quad \text{atau 200 mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5.16 \leq 50 \leq 15.7 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$48 \leq 50 \leq 105 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

c. Kontrol siku penyambung

- Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= P_{\text{pelat}} \times t_p \\ &= 15 \times 0,7 = 10,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 7 \\ &= 15750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 9012,06 &< 15750 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

- Kontrol patah (geser block)

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 18 \text{ mm} \\ &= 1,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_l \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_l \\ &= (15 - 2 \times 1,8) \times 0,7 \\ &= 7,98 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,98 \\ &= 14723,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 9012,06 &< 14723,1 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Lubang Bor dengan Baut = 2 mm (Pasal 17.3.6 SNI 03-1729-2002)

## 6.2.2 Sambungan Balok Utama Tangga – Balok Penumpu Tangga

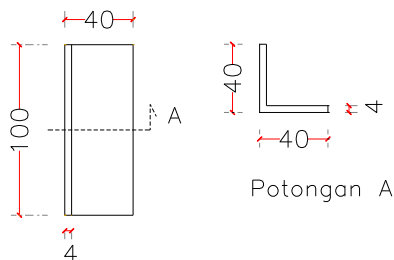
Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungannya sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar  $V_u = 2373,78$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan peritungan sebagai berikut :

### Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)
 

$f_u^b$	=	825	MPa	=	8250	kg/cm <sup>2</sup>
$\varnothing$ baut	=	12	mm	=	1,2	cm
$A_b$	=	2,011	cm <sup>2</sup>			
$r_1$	=	0,5	*Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002			
$m$	=	1	*Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002			
- Pelat Siku ( 40 x 40 x 4)



$t_p$	=	4	mm
$P_{\text{pelat}}$	=	10	cm

**Perhitungan Sambungan :****a. Sambungan siku dengan balok utama tangga**

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1,2 \times 0.4 \times 4100 \\ &= 3542,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{2373,78}{3498,95} = 0,68, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \quad \text{atau 200 mm} \\ 3.12 & \leq & 50 & \leq & 15 \cdot 4 \quad \text{atau 200 mm} \\ 36 & \leq & 50 & \leq & 60 \quad \text{atau 200 mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau 200 mm} \\ 1,5.12 & \leq & 25 & \leq & 15.4 + 100 \quad \text{atau 200 mm} \\ 18 & \leq & 25 & \leq & 105 \quad \text{atau 200 mm} \end{array}$$

**b. Sambungan balok penumpu tangga dengan siku**

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\ &= 3498,95 \text{ kg} \quad \text{(menentukan !)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\emptyset.Rn = \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100$$

$$= 3542,4 \text{ kg}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{2373,78}{3498,95} = 0,68, \text{ dipasang 2 buah}$$

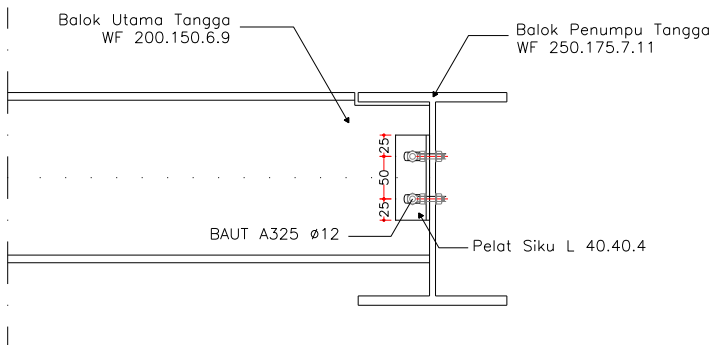
- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

3 db	$\leq$	S	$\leq$	15 tp	atau 200 mm
3.12	$\leq$	50	$\leq$	15 . 4	atau 200 mm
36	$\leq$	50	$\leq$	60	atau 200 mm

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

1,5 db	$\leq$	$S_1$	$\leq$	15 tp + 100	atau 200 mm
1,5.12	$\leq$	25	$\leq$	15.4 + 100	atau 200 mm
18	$\leq$	25	$\leq$	105	atau 200 mm



**Gambar 6.23** Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

## c. Kontrol siku penyambung

## - Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= P_{\text{pelat}} \times t_p \\ &= 10 \times 0,4 = 4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 4 \\ &= 9000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 2373,78 &< 9000 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

## - Kontrol patah

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} \\ &= 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_l \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_l \\ &= (10 - 2 \times 1,4) \times 0,4 = 2,88 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 2,88 \\ &= 5313,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 2373,78 &< 5313,6 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- Lubang Bor dengan Baut = 2 mm (Pasal 17.3.6 SNI 03-1729-2002)

### 6.2.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga – Kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

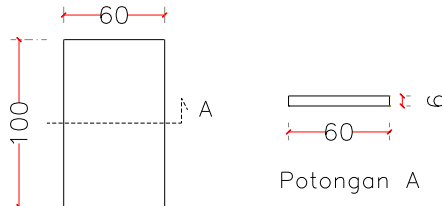
Dari perhitunagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar  $V_u = 2988,7$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

#### Data Perencanaan :

##### - Sambungan Baut

$f_u^b$	=	825	MPa	=	8250	kg/cm <sup>2</sup>
$\varnothing$ baut	=	12	mm	=	1,2	cm
$A_b$	=	2,011	cm <sup>2</sup>			
$r_l$	=	0,5			*Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002	
$m$	=	2			*Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002	

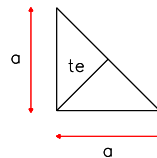
##### - Pelat Sambung



$t_p$	=	6	mm
$P_{\text{pelat}}$	=	10	cm

##### - Sambungan Las

$a$	=	4	mm
$l_w$	=	100	mm



#### Keterangan :

- $a$  ( ketebalan kaki las sudut)

- a. Kontrol plat sambung yang digunakan

$$\begin{aligned}
 t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t && (t = \text{tebal profil HSS}) \\
 &\leq \frac{4100}{2500} \times 2,5 \\
 &\leq 4,10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipakai  $t_p = 0,6 \text{ cm}$

- b. Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.V_n &= \emptyset \times r_l \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\
 &= 3498,95 \text{ kg} \quad (\text{menentukan !})
 \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\
 &= 5313,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{2373,78}{3498,95} = 0,68, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclcl}
 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\
 3.12 & \leq & 50 & \leq & 15 \cdot 4 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\
 36 & \leq & 50 & \leq & 60 \quad \text{atau } 200 \text{ mm}
 \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{rclcl}
 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\
 1,5.12 & \leq & 25 & \leq & 15.4 + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\
 18 & \leq & 25 & \leq & 105 \quad \text{atau } 200 \text{ mm}
 \end{array}$$



- c. Sambungan pelat sambung dengan kolom,  
 Tegangan Putus Las  $F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$

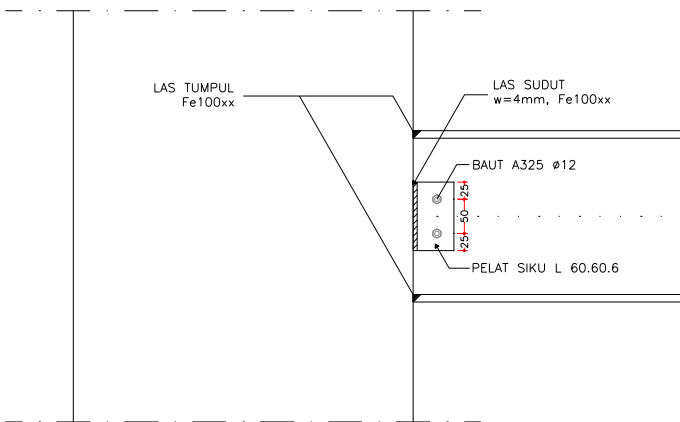
$$\begin{aligned} A_w &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 0.4) \times 10 \\ &= 2,83 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 2,83 \\ &= 8946,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} V_u & < & \phi T_n \\ 2373,78 & < & 8946,38 \text{ kg} \rightarrow \dots OK \end{array}$$



**Gambar 6.24** Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

## d. Kontrol plat penyambung

## - Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= P_{\text{pelat}} \times t_p \\ &= 10 \times 0,6 = 6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 6 \\ &= 13500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 2373,78 &< 13500 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

## - Kontrol patah

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_l \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_l \\ &= (10 - 2 \times 1,4) \times 0,6 \\ &= 4,32 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 4,32 \\ &= 7970,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

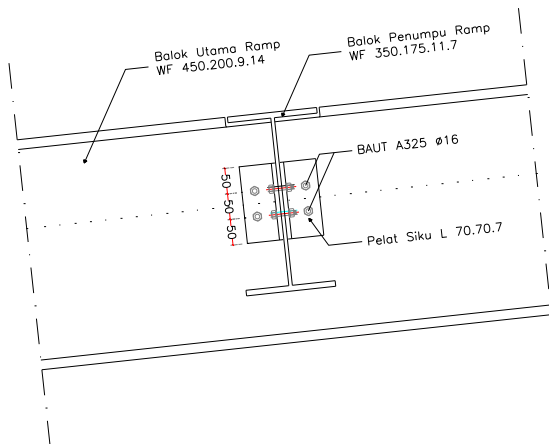
Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 2373,78 &< 7970,4 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

### 6.2.4 Sambungan Balok Penumpu Ramp – Balok Utama Ramp

Perencanaan sambungan antara balok penumpu ramp dan balok utama ramp direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok penumpu ramp, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu ramp sebesar  $V_u = 11581,63$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan perhtiungan sebagai berikut :



**Gambar 6.25** Sambungan Balok Penumpu Ramp dengan Balok Utama Ramp

#### Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

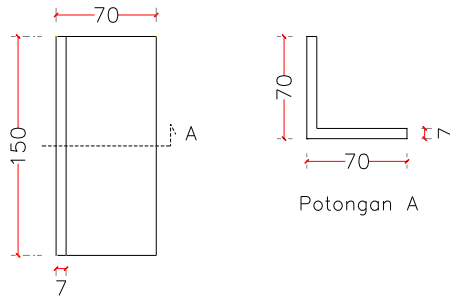
$$\varnothing \text{ baut} = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$$

$$A_b = 2,011 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 2 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

- Pelat Siku ( 70 x 70 x 7)



$$tp = 7 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 15 \text{ cm}$$

### Perhitungan Sambungan :

- Sambungan siku dengan balok penumpu ramp

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{11581,63}{8265,6} = 1,4, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

3 db	$\leq$	S	$\leq$	15 tp	atau 200 mm
3.16	$\leq$	50	$\leq$	15 . 7	atau 200 mm
24	$\leq$	50	$\leq$	105	atau 200 mm

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.16 & \leq & 50 & \leq & 15.7 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 48 & \leq & 50 & \leq & 205 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

b. Sambungan siku dengan balok utama ramp

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset.V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset \times 2.4 \times \text{db} \times \text{tp} \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 0.7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{8265,6}{8265,6} = 1,4, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut ( $S$ )

$$\begin{array}{rclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 3.16 & \leq & 50 & \leq & 15.7 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 24 & \leq & 50 & \leq & 105 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.16 & \leq & 50 & \leq & 15.7 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 48 & \leq & 50 & \leq & 105 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

c. Kontrol siku penyambung

- Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= P_{\text{pelat}} \times \text{tp} \\ &= 15 \times 0,7 = 10,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\
 &= 0.9 \times 2500 \times 10,5 \\
 &= 23625 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi T_n \\
 11581,63 & < & 23625 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{array}$$

- Kontrol patah (geser block)

$$\begin{aligned}
 \phi_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\
 &= 18 \text{ mm} = 1,8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\
 &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\
 &= (15 - 2 \times 1,8) \times 0,7 \\
 &= 7,98 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi T_n &= 0.75 \times 0.6 \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 7,98 \\
 &= 14723,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

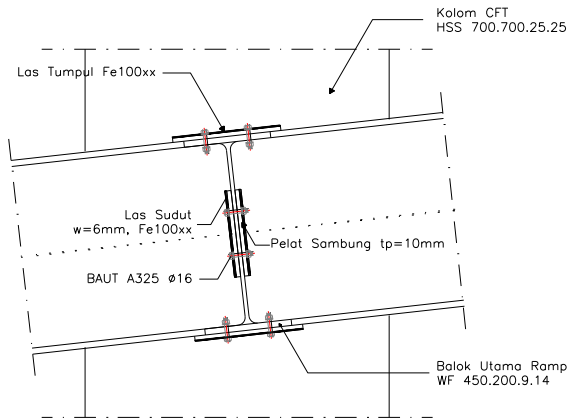
$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi T_n \\
 11581,63 & < & 14723,1 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{array}$$

*Keterangan :*

- Lubang Bor dengan Baut = 2 mm (Pasal 17.3.6 SNI 03-1729-2002)

### 6.2.5 Sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom

Perencanaan sambungan antara balok utama ramp, Penumpu ramp dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok penumpu ramp. Sambungan ini direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :



**Gambar 6.26** Sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam di dapatkan dari Output SAP 2000, dimana sambungan direncanakan berdasarkan sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom :

$$Mu = 18540,99 \text{ kg.m}$$

$$Vu = 21669,58 \text{ kg}$$

$$Tu = \frac{Mu}{d} = \frac{18450,99}{0,45} = 41002,2 \text{ kg}$$

**Perhitungan Sambungan :**

a. Sambungan Baut

Direncanakan sambungan baut mutu A325 dengan data sebagai berikut :

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 Ab &= 2,011 \text{ cm}^2 \\
 r_l &= 0,5 \quad *Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002 \\
 m &= 2 \quad *Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 tp &= 1,0 \text{ cm} \\
 P_{\text{pelat}} &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.V_n &= \emptyset \times r_l \times f_u \times m \times Ab \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01 \\
 &= 12440,71 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.R_n &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times f_u \\
 &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 1,0 \times 4100 \\
 &= 11808,0 \text{ kg (menentukan !)}
 \end{aligned}$$

Maka kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 11808,0 kg

### Jumlah Sambungan

#### - Bagian Badan

$$V_u = 21669,58 \text{ kg}$$

$$n = \frac{21669,58}{11808} = 1,84 \text{ dipasang 2 buah}$$

#### - Bagian Sayap

$$T_u = 21669,58 \text{ kg}$$

$$n = \frac{41002}{11808} = 3,5 \text{ dipasang 4 buah}$$

### Jarak Pemasangan Baut

#### Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{aligned}
 3 \text{ db} &\leq S \leq 15 \text{ tp} \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\
 3.16 &\leq 100 \leq 15 \cdot 7 \quad \text{atau } 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$24 \leq 100 \leq 105 \quad \text{atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.16 & \leq & 50 & \leq & 15.7 + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 48 & \leq & 50 & \leq & 105 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

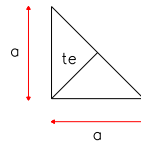
b. Sambungan Las

Direncanakan sambungan las dengan mutu las sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$a = 4,0 \text{ mm}$$



**Las Sudut (Bagian Badan)**

Panjang las sudut ( $l_w$ ) pada bagian badan direncanakan sama dengan panjang pelat ( $P_{\text{pelat}} = 200 \text{ mm}$ )

$$\begin{aligned} A_w &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 0.4) \times 200 \\ &= 11,31 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 11,31 \\ &= 47714 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} V_u & < & \emptyset R_n \\ 21669,58 & < & 47714 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{array}$$

**Las Tumpul (Bagian Sayap)**

Panjang las pada bagian sayap direncanakan dengan panjang las ( $l_w$ ) = 250 mm , dengan tebal las ( $t_e$ ) = 1,0 cm

$$\begin{aligned}
 A_w &= t_e \times l_{we} \\
 &= 10 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \\
 &= 25,0 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\
 &= 0,75 \times 4218 \times 25 \\
 &= 79087,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \emptyset R_n \\
 21669,58 &< 79087,5 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK
 \end{aligned}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{21669,6}{35785,51} \right)^2 + \left( \frac{41002,2}{79087,5} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,36 \leq 1,0 \quad \dots OK!$$

c. Kontrol Pelat Sambung

$$\begin{aligned}
 t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t && (t = \text{tebal profil HSS}) \\
 &\leq \frac{4100}{2500} \times 2,5 \\
 &\leq 4,10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka tebal pelat ( $t_p$ ) = 1,0 cm dapat digunakan.

Kontrol Leleh

$$A_g = t_p \times P_{\text{pelat}}$$

$$= 1,0 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 20 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 20 \text{ cm}^2 \\ &= 45000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}V_u &< \phi T_n \\ 21669,58 &< 45000 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK\end{aligned}$$

Kontrol Patah (Geser Block)

$$\begin{aligned}\phi_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 18 \text{ mm} = 1,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_p \\ &= (L - n \times \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_p \\ &= (20 - 2 \times 1,8) \times 1,0 \\ &= 16,4 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi T_n &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,98 \\ &= 14723,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

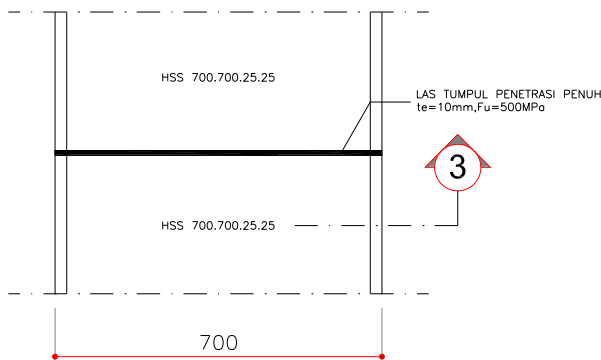
Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}V_u &< \phi T_n \\ 11581,63 &< 14723,1 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK\end{aligned}$$

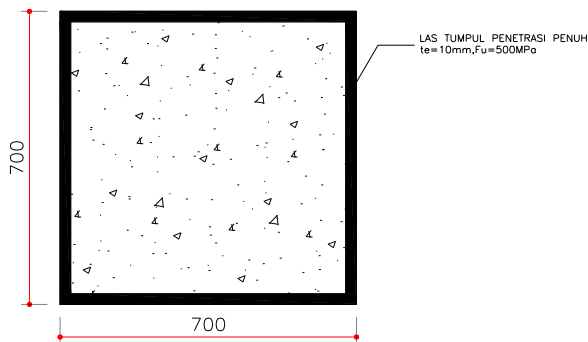
### 6.2.6 Sambungan Kolom – Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan menggunakan las penetrasi penuh dimana sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal dengan perhitungan sebagai berikut :



**Gambar 6.27** Sambungan Kolom dengan Kolom



**Gambar 6.28** Potongan 3 Sambungan Kolom – Kolom

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_u &= 3767,35 \quad \text{kg.m} \\ V_u &= 12091,46 \quad \text{kg} \\ P_u &= 892569,8 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Gaya Tarik (Tu) :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\ &= \frac{3767,35}{0,7} + 892569,8 = 897951,7 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

**Perhitungan Sambungan :**

- Sambungan las pada kolom  
Direncanakan ekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Putus Las } F_u &= 5000 \quad \text{kg/cm}^2 \\ \text{Tebal las (te)} &= 1,0 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_w &= d_c \times 4 \\ &= 70 \text{ cm} \times 4 = 280 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_w &= te \times l_{we} \\ &= 1,0 \times 280 \\ &= 280 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,8 \times F_u \times A_w \\ &= 0,8 \times 5000 \times 280 \\ &= 1120000 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

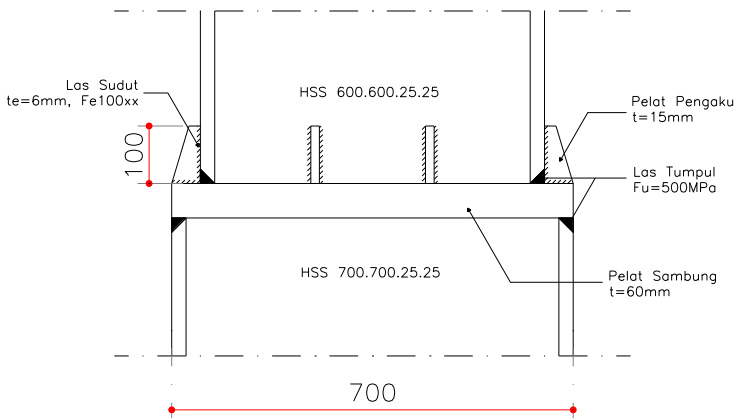
$$\left( \frac{2091,46}{1120000} \right)^2 + \left( \frac{897951,7}{1120000} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,64 \leq 1,0 \quad \dots \text{OK!}$$

### 6.2.7 Sambungan Kolom – Kolom Beda Dimensi

Sambungan kolom dengan kolom yang memiliki beda dimensi direncanakan menggunakan sambungan las penetrasi penuh serta pelat landas sebagai penyambung antar kolomnya.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai dengan perhitungan sebagai berikut :



**Gambar 6.29** Sambungan kolom dengan kolom beda dimensi

**Perhitungan Gaya Dalam :**

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_u &= 3767,35 \quad \text{kg.m} \\ V_u &= 12091,46 \quad \text{kg} \\ P_u &= 717502 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

**Gaya Tarik (Tu) :**

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\ &= \frac{3823,67}{0,6} + 717502 = 723874,8 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

**Perhitungan Sambungan :**

- Sambungan las pada kolom  
Direncanakan ekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Putus Las } F_u &= 5000 \quad \text{kg/cm}^2 \\ \text{Tebal las (te)} &= 1,0 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_w &= d_c \times 4 \\ &= 60 \text{ cm} \times 4 = 240 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_w &= te \times l_{we} \\ &= 1,0 \times 240 \\ &= 280 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,8 \times F_u \times A_w \\ &= 0,8 \times 5000 \times 240 \\ &= 960000 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{3823,67}{960000} \right)^2 + \left( \frac{723874,8}{960000} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,56 \leq 1,0 \quad \dots \text{OK}$$

### Perhitungan Dimensi Pelat Landas :

- Kuat Tumpu Kolom

Karena Kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, di asumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan Kuat Tumpu Beton :

$$\begin{aligned} f_{p\max} &= \phi_c \times 0,85 \times f_c' \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \\ &= 16,58 \text{ MPa} = 165,75 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- *Direncanakan dimensi pelat landas = dimensi kolom CFT*

Baseplate di desain langsung menumpu pada kolom dibawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar kolom komposit dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$f_p = \frac{P_u}{B \times N} = \frac{717502}{70 \times 70} = 146,43 \text{ kg/cm}^2$$

*Persyaratan :*

$$\begin{array}{rcl} f_p & \leq & f_{p\max} \\ 146,43 & \leq & 165,75 \text{ kg/cm}^2 \longrightarrow \dots \text{OK} \end{array}$$



- Kuat Perlu Pelat Landas

Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{pl} &= 0,5 \times f_p \times l^2 \\ &= 0,5 \times 146,43 \times 15,0^2 \\ &= 16473,26 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

Dimana, nilai 1 diambil terbesar dari m, n. dan  $\lambda_n'$  dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95 d}{2} = \frac{70 - 0,95 \cdot 60}{2} = 6,5 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,95 bf}{2} = \frac{70 - 0,8 \cdot 60}{2} = 11 \text{ cm}$$

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \cdot bf} = \frac{1}{4} \times 1 \times \sqrt{60 \times 60} = 15 \text{ cm}$$

*Keterangan :*

-  $\lambda$  = diambil konservatif adalah 1

maka, ketebalan pelat landas yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$t_p \leq \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi f_y}}$$

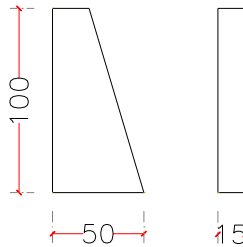
$$t_p \leq \sqrt{\frac{4 \times 16473,26}{0,9 \times 2500}} = 5,4 \text{ cm}$$

sehingga tepal pelat landas ( $t_p$ ) direncanakan sebesar 60 mm atau 6 cm

### Perhitungan Pelat Pengaku :

- Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :



$$t_p = 15 \text{ mm} \quad P_{\text{pelat}} = 100 \text{ cm}$$

#### Persyaratan 1

$$\begin{aligned} t_s &\geq 0,5 t_f \\ t_s &\geq 0,5 \times 15 \\ 15 &\geq 12,5 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

#### Persyaratan 2

$$\begin{aligned} \frac{b_s}{t_s} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{100}{15} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ 6,67 &\leq 15,8 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

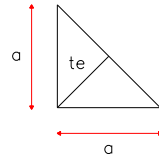
- Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$lw = 150 \text{ mm}$$



*Keterangan :*

-  $a$  (ketebalan kaki las sudut)

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 10 \\ &= 8,48 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 8,48 \\ &= 35785,51 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$V_u < \phi R_n$$

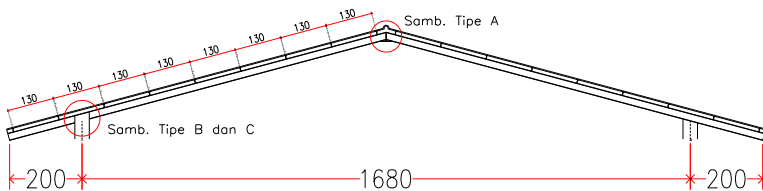
$$2487,2 < 26839,3 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK$$

### 6.2.8 Sambungan Kuda – Kuda

Pada struktur kuda-kuda dengan rangka kaku ini menggunakan sambungan baut dan sambungan las dan pada perhitungan akan ditinjau dari dua macam sambungan yaitu :

1. Sambungan antar kuda – kuda
2. Sambungan antar kuda – kuda dengan kolom

Dari dua macam jenis sambungan itu maka dapat direncanakan sebagai berikut :



Gambar 6.30 Sambungan Kuda – Kuda yang akan ditinjau perhitungannya

#### 6.2.8.1 Sambungan Antar Kuda – Kuda

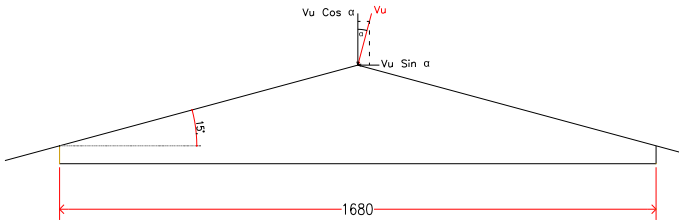
Pada sambungan antar kuda-kuda gaya dalam yang terjadi diperoleh hasil dengan menggunakan program bantu SAP2000v14 sebagai berikut :

$$P_u = 4577,31 \text{ kg} \qquad \qquad \qquad M_u = 1784,38 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 1461,21 \text{ kg}$$

Untuk merencanakan sambungannya terlebih dahulu gaya dari hasil output SAP2000v14 pada sambungan yang ditinjau diuraikan arah resultan gayanya :

### Gaya Geser ( $V_u$ )

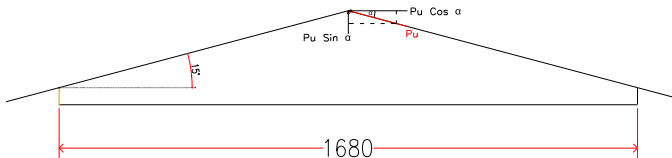


$$V_u = 1461,2 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_{u_x} &= V_u \sin 15^\circ \\ &= 1461,21 \times \sin 15^\circ = 378,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u_y} &= V_u \cos 15^\circ \\ &= 1461,21 \times \cos 15^\circ = 1411,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Gaya Aksial ( $P_u$ )



$$P_u = 4577,31 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_{u_x} &= P_u \sin 15^\circ \\ &= 4577,31 \times \sin 15^\circ = 1184,695 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u_y} &= P_u \cos 15^\circ \\ &= 4577,31 \times \cos 15^\circ = 4421,342 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u \text{ Max}} &= V_{uy} + V_{ux} \\ &= 1411,42 + 4421,342 = 5832,762 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u \text{ Max}} &= P_{uy} + P_{ux} \\ &= 378,19 + 1184,695 = 1562,884 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Perhitungan Sambungan Baut

Direncanakan sambungan baut mutu A325 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_u^b &= 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ \varnothing \text{ baut} &= 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm} \\ A_b &= 2,011 \text{ cm}^2 \\ r_l &= 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002} \\ m &= 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002} \\ t_p &= 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Kuat Geser Baut**

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_l \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

**Kuat Tumpu Baut**

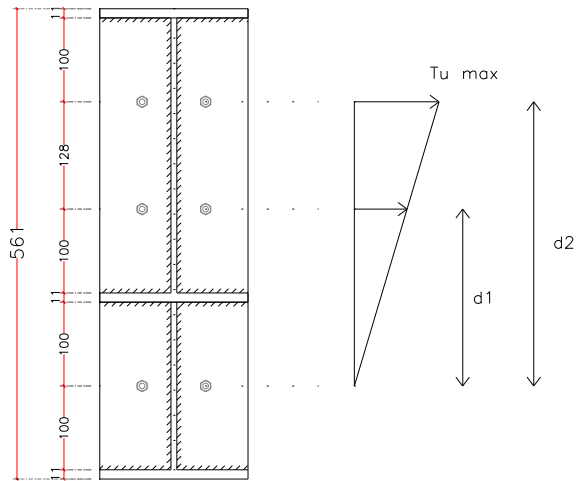
$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1,2 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 6199,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 3498,95 kg

**Jumlah Sambungan**

$$n = \frac{5832,76}{3498,95} = 1,67 \approx 2 \text{ buah}$$

maka, direncanakan baut dengan jumlah 6 buah seperti pada gambar 6.31



**Gambar 6.31** Rencana Sambungan Baut antar Kuda – Kuda

### Kuat Baut Akibat Geser dan Tarik

$$\begin{aligned}
 T_d &= \phi \times f_{ub} \times A_b \\
 &= 0,75 \times 8250 \times 1,131 = 6997,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \frac{M_u d_{\max}}{\sum d^2} + T_u \\
 &= \frac{1784,38 \times 339}{128^2 + 211^2} + 1562,88 = 2556,078 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 T_d &> T_u / n \\
 2487,2 &> 2556,078 / 6 \\
 2487,2 &> 426,013 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \text{....OK}
 \end{aligned}$$

**Kontrol Akibat Geser dan Tarik**

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{3498,95}{20993,69} \right)^2 + \left( \frac{426,01}{6997,9} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,08 \leq 1,0 \quad \dots \text{OK}$$

**Jarak Pemasangan Baut**Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{llll} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 3.12 & \leq & 128 & \leq 15 \cdot 7 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 24 & \leq & 128 & \leq 105 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S<sub>1</sub>)

$$\begin{array}{llll} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.12 & \leq & 100 & \leq 15.7 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 48 & \leq & 100 & \leq 205 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

**Kontrol Leleh**

$$\begin{aligned} A_g &= t_p \times P_{\text{pelat}} \\ &= 0,7 \text{ cm} \times 56,1 \text{ cm} = 39,3 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 39,3 \text{ cm}^2 \\ &= 88357,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 5832,76 &< 88357,35 \text{ kg} \longrightarrow \dots \text{OK} \end{aligned}$$

**Kontrol Patah (Geser Block)**

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \text{ (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_p \\
 &= (L - n \times \varnothing_{\text{lubang}}) \cdot t_p \\
 &= (56,1 - 2 \times 1,4) \times 0,7 \\
 &= 33,39 \text{ cm}^2 \\
 \varnothing T_n &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 33,39 \\
 &= 102674,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \varnothing T_n \\
 5832,76 &< 102674,3 \text{ kg} \longrightarrow \text{....OK}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Sambungan Las

Pada Sambungan Las, profil di las pada end plate dan disambungkan menggunakan sambungan las sehingga perhitungan yang direncanakan berdasarkan geser sentris dan lentur dengan perhitungan sebagai berikut :

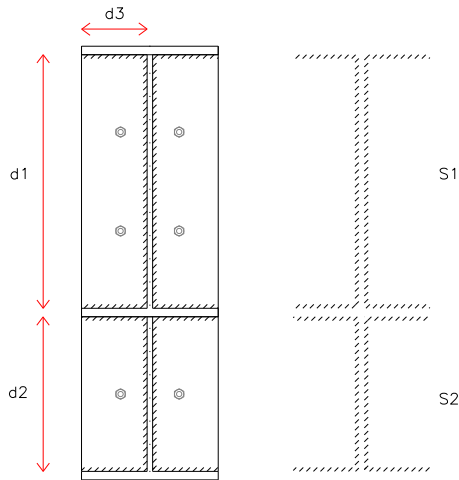
$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} &= 7030 \text{ kg/cm}^2 \\
 a &= 4,0 \text{ mm}, \quad l_w = 178,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

dimana perhitungan panjang las ( $l_w$ ) didapatkan seperti pada Gambar 6.32

$$\begin{aligned}
 l_w &= 2 d_1 + 2 d_2 + 8 d_3 \\
 &= (2 \times 32,8) + (2 \times 20) + (8 \times 8,4) \\
 &= 172,8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_e &= 0,707 \times a \\
 &= 0,707 \times 0,5 \text{ cm} = 0,35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\
 &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 4218 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$



**Gambar 6.32** Rencana Sambungan Las antar Kuda – Kuda

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times t_e \\
 &= 0,75 \times 4218 \times 0,35 \\
 &= 1863,8 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

### Geser Sentris pada Las

$$f_v = \frac{V_u}{l_w} = \frac{5832,76}{172,8} = 33,75 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rclcl}
 f_v & < & \phi T_n & & \\
 33,75 & < & 1863,8 & \text{ kg} & \longrightarrow \text{....OK}
 \end{array}$$

### Geser Lentur pada Las

$$f_h = \frac{M_u}{S} = \frac{1784,38}{172,8} = 33,75 \text{ kg/cm}$$

dimana perhitungan *Section Modulus* sambungan las dihitung sebagai berikut :

$$S_1' = b \times d \times \frac{d^2}{6} = 8,4 \times 32,8 \times \frac{32,8^2}{6}$$

$$= 454,8 \text{ cm}^2$$

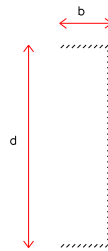
$$S_1 = 2 \times 454,8 = 909,7 \text{ cm}^2$$

$$S_2' = b \times d \times \frac{d^2}{6} = 8,4 \times 20 \times \frac{20^2}{6}$$

$$= 234,67 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 2 \times 234,67 = 469,3 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= S_1 + S_2 \\ &= 909,7 + 469,3 = 1378,99 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



c. Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{1,29^2 + 33,75^2}$$

$$= 33,78 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$f_{\text{total}} < \phi R_n$$

$$33,78 < 0,75 \times f_u \times t_e$$

$$33,78 < 0,75 \times 4218 \times 0,35$$

$$33,78 < 1118,3 \text{ kg/cm} \longrightarrow \dots OK$$

### 6.2.8.2 Sambungan Antar Kuda – Kuda dengan Kolom

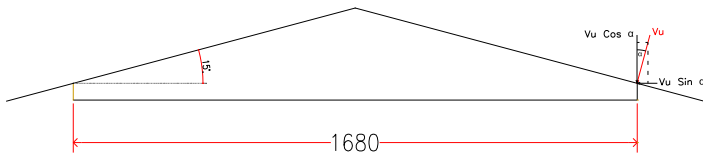
Pada sambungan antar kuda-kuda gaya dalam yang terjadi diperoleh hasil dengan menggunakan program bantu SAP2000v14 sebagai berikut :

$$P_u = 6175,62 \text{ kg} \qquad \qquad \qquad M_u = 1280,84 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 1820,83 \text{ kg}$$

Untuk merencanakan sambungannya terlebih dahulu gaya dari hasil output SAP2000v14 pada sambungan yang ditinjau diuraikan arah resultan gayanya :

#### Gaya Geser ( $V_u$ )

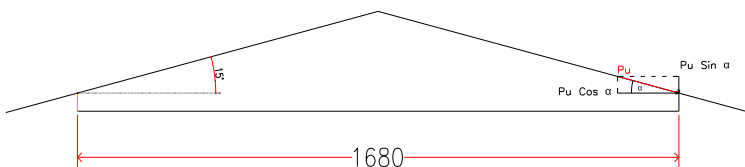


$$V_u = 1280,84 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_{u_x} &= V_u \sin 15^\circ \\ &= 1280,84 \times \sin 15^\circ = 331,506 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u_y} &= V_u \cos 15^\circ \\ &= 1280,84 \times \cos 15^\circ = 1237,196 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### Gaya Aksial ( $P_u$ )



$$P_u = 6175,62 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_{u_x} &= P_u \sin 15^\circ \\ &= 6175,62 \times \sin 15^\circ = 1598,368 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u_y} &= P_u \cos 15^\circ \\ &= 6175,62 \times \cos 15^\circ = 5965,191 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u_{\text{Max}}} &= V_{uy} + V_{ux} \\ &= 1237,62 + 5965,191 = 7202,81 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u_{\text{Max}}} &= P_{uy} + P_{ux} \\ &= 331,506 + 1598,37 = 1929,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Perhitungan Sambungan Baut

Direncanakan sambungan baut mutu A325 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_u^b &= 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ \varnothing \text{ baut} &= 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm} \\ A_b &= 2,011 \text{ cm}^2 \\ r_l &= 0,5 \text{ *Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002} \\ m &= 1 \text{ *Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002} \end{aligned}$$

$$t_p = 7 \text{ mm}$$

Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned} \varnothing \cdot V_n &= \varnothing \times r_l \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

Kuat Tumpu Baut

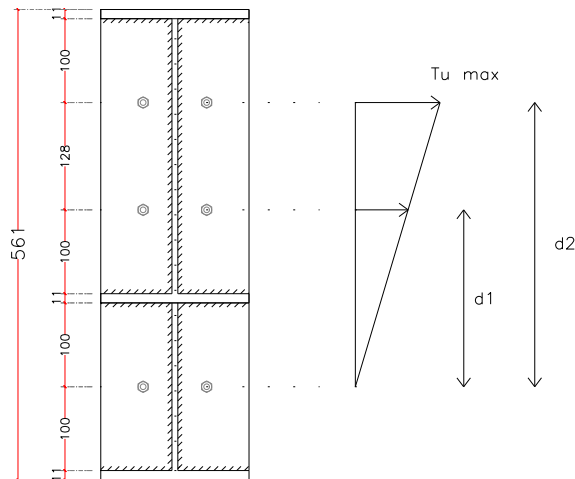
$$\begin{aligned} \varnothing \cdot R_n &= \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1,2 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 6199,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 3498,95 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{5832,76}{3498,95} = 2,06 \approx 3 \text{ buah}$$

maka, direncanakan baut dengan jumlah 6 buah seperti pada gambar 6.31



Gambar 6.33 Rencana Sambungan Baut antar Kuda – Kuda

### Kuat Baut Akibat Geser dan Tarik

$$\begin{aligned} T_d &= \phi \times f_{ub} \times A_b \\ &= 0,75 \times 8250 \times 1,131 = 6997,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_{u_{\max}} = \frac{M_u d_{\max}}{\sum d^2} + T_u$$

$$= \frac{1820,83 \times 339}{128^2 + 211^2} + 1929,87 = 2943,36 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} T_d & > & T_u / n \\ 6997,9 & > & 2943,36 / 6 \\ 6997,9 & > & 490,6 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

### Kontrol Akibat Geser dan Tarik

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{7202,39}{20993,69} \right)^2 + \left( \frac{490,6}{6997,9} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,12 \leq 1,0 \dots OK$$

### Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 3.12 & \leq & 128 & \leq & 15 \cdot 7 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 24 & \leq & 128 & \leq & 105 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S<sub>1</sub>)

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.12 & \leq & 100 & \leq & 15.7 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 48 & \leq & 100 & \leq & 205 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

### Kontrol Leleh

$$\begin{array}{rcl} A_g & = & t_p \times P_{\text{pelat}} \\ & = & 0,7 \text{ cm} \times 56,1 \text{ cm} = 39,3 \text{ cm}^2 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \phi T_n & = & \phi \times f_y \times A_g \\ & = & 0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 39,3 \text{ cm}^2 \\ & = & 88357,5 \text{ kg} \end{array}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 7202,39 &< 88357,35 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

**Kontrol Patah (Geser Block)**

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_p \\ &= (L - n \times \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_p \\ &= (56,1 - 2 \times 1,4) \times 0,7 \\ &= 33,39 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= 0.75 \times 0.6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 33,39 \\ &= 102674,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 7202,39 &< 102674,3 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

**b. Perhitungan Sambungan Las**

Pada Sambungan Las, profil di las pada end plate dan disambungkan menggunakan sambungan las sehingga perhitungan yang direncanakan berdasarkan geser sentris dan lentur dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} &= 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ a &= 4,0 \text{ mm}, \quad l_w = 178,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

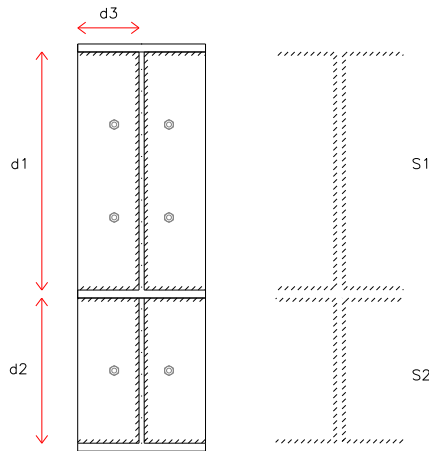
dimana perhitungan panjang las ( $l_w$ ) didapatkan seperti pada Gambar 6.32

$$\begin{aligned} l_w &= 2 d_1 + 2 d_2 + 8 d_3 \\ &= (2 \times 32,8) + (2 \times 20) + (8 \times 8,4) \\ &= 172,8 \text{ cm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 t_e &= 0,707 \times a \\
 &= 0,707 \times 0,5 \text{ cm} = 0,35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\
 &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 4218 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$



**Gambar 6.34** Rencana Sambungan Las antar Kuda – Kuda

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times t_e \\
 &= 0,75 \times 4218 \times 0,35 \\
 &= 1863,8 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

### Geser Sentris pada Las

$$f_v = \frac{V_u}{l_w} = \frac{7202,39}{172,8} = 41,68 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$f_v < \phi T_n$$

$$41,68 < 1863,8 \text{ kg} \rightarrow \dots OK$$

### Geser Lentur pada Las

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{1820,83}{1378,99} = 1,32 \text{ kg/cm}$$

dimana perhitungan *Section Modulus* sambungan las dihitung sebagai berikut :

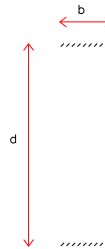
$$\begin{aligned} S_1' &= b \times d \times \frac{d^2}{6} = 8,4 \times 32,8 \times \frac{32,8^2}{6} \\ &= 454,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$S_1 = 2 \times 454,8 = 909,7 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} S_2' &= b \times d \times \frac{d^2}{6} = 8,4 \times 20 \times \frac{20^2}{6} \\ &= 234,67 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$S_2 = 2 \times 234,67 = 469,3 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= S_1 + S_2 \\ &= 909,7 + 469,3 = 1378,99 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



### c. Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{1,32^2 + 41,68^2} \\ &= 41,7 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

### Cek Persyaratan Desain :

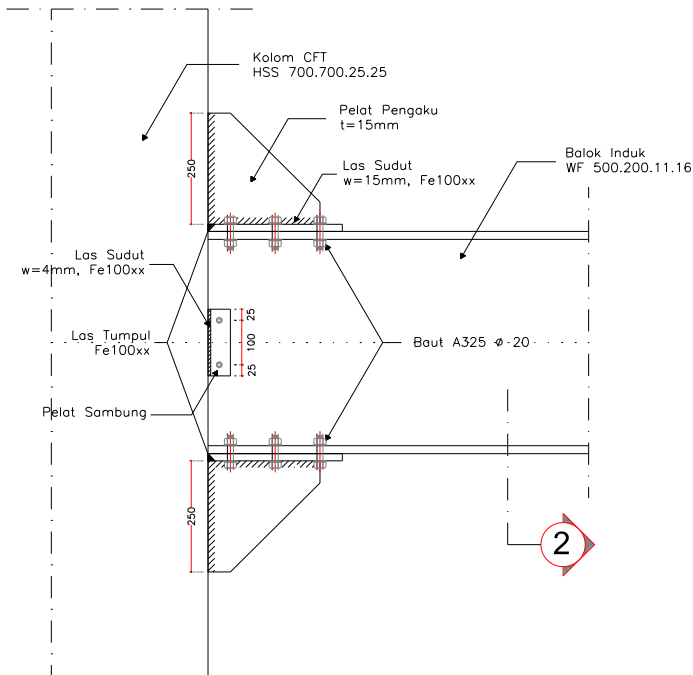
$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &< \phi R_n \\ 41,7 &< 0,75 \times f_n \times t_e \\ 41,7 &< 0,75 \times 4218 \times 0,35 \\ 41,7 &< 1118,3 \text{ kg/cm} \rightarrow \dots OK \end{aligned}$$

### 6.2.9 Sambungan Balok Induk – Kolom

Sambungan menghubungkan balok induk dengan kolom komposit CFT dengan mutu inti beton = 30 MPa. Sambungan direncanakan menjadi 2 jenis sambungan yaitu :

- Sambungan Pen Tipe Geser
- Sambungan Rigid dengan las dan baut

Sambungan balok induk dengan kolom dapat direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 6.35 Sambungan Balok dengan Kolom

a. Sambungan Pen Tipe Geser

Sambungan Pen Tipe Geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok sendiri dan beban pekerja (PL=100k kg) saat proses pengelasan, berikut perhitungannya :

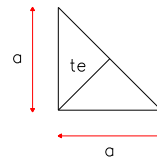
Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)

$$\begin{aligned} f_u^b &= 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ \varnothing \text{ baut} &= 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm} \\ A_b &= 1,131 \text{ cm}^2 \\ r_l &= 0,5 \text{ *Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002} \\ m &= 1 \text{ *Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002} \end{aligned}$$

- Sambungan Las

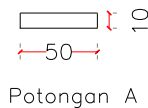
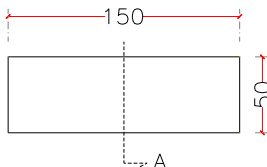
$$\begin{aligned} a &= 4 \text{ mm} \\ l_w &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$



*Keterangan :*

-  $a$  ( ketebalan kaki las sudut )

- Pelat Sambung



$$t_p = 10 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 15 \text{ cm}$$

**Perhitungan Gaya Dalam :**

Gaya geser yang bekerja pada sambungan

$$V_D = (90 \times 8,0)/2 = 358,8 \text{ kg}$$

$$V_L = 100/2 = 50 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1.2D + 1.6L \\
 &= 1,2 \times 223.1 + 1,6 \times 50 \\
 &= 510,56 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Sambungan :

- Sambungan balok induk dengan pelat sambung

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 \phi.V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 2,01 \\
 &= 4665,27 \text{ kg (menentukan !)}
 \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \phi.R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 1.0 \times 4100 \\
 &= 8856,0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{510,56}{8265,6} = 0,15, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclcl}
 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \quad \text{atau 200 mm} \\
 3.12 & \leq & 100 & \leq & 15 \cdot 7 \quad \text{atau 200 mm} \\
 36 & \leq & 100 & \leq & 105 \quad \text{atau 200 mm}
 \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{rclcl}
 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau 200 mm} \\
 1,5.12 & \leq & 25 & \leq & 15.7 + 100 \quad \text{atau 200 mm} \\
 18 & \leq & 525 & \leq & 205 \quad \text{atau 200 mm}
 \end{array}$$

- Sambungan kolom dengan pelat sambung

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_w = (0.707 \times w) \times l_{we}$$

$$= (0.707 \times 0.4) \times 15$$

$$= 4,24 \text{ cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,6 \times F_{e100xx}$$

$$= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_n = 0,75 \times F_{nw} \times A_w$$

$$= 0,75 \times 4218 \times 4,24$$

$$= 13419,57 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$V_u < \phi T_n$$

$$2373,78 < 8946,38 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK$$

- Kontrol pelat sambung

- Kontrol leleh

$$A_g = P_{\text{pelat}} \times t_p$$

$$= 15 \times 1,0 = 15 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \times f_y \times A_g$$

$$= 0.9 \times 2500 \times 15$$

$$= 33750 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$V_u < \phi T_n$$

$$510,56 < 33750 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK$$

- Kontrol patah

$$\phi_{\text{lubang}} = 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)}$$

$$= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_1$$

$$= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1$$

$$= (15 - 2 \times 1,2) \times 1,0$$

$$= 12,6 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset T_n &= \emptyset \times 0,6 \times f_y \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 12,6 \\
 &= 23247 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \emptyset T_n \\
 510,56 & < & 23247 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{array}$$

b. Sambungan rigid dengan las dan baut

Sambungan rigid dipasang sebagai penumpu beban bangunan, dengan sambungan las dan baut sebagai penumpunya. Perhitungannya direncanakan sebagai berikut :

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 29840,5 \text{ kg.m} \qquad V_u = 11625,36 \text{ kg}$$

Untuk merencanakan sendi plastis terjadi di bagian bentang balok (jauh dari sambungan), berdasarkan Pasal 15.7.2.3 SNI 03-1729-2002 Kuas Geser Perlu Terfaktor ( $V_u$ ) harus ditentukan berdasarkan kuat geser akibat beban kombinasi ditambah dengan gaya geser yang dihasilkan dari momen lentur sebesar  $1,1 R_y f_y Z$  dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_u \text{ Kombinasi} = 11625,36 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 Mu' &= 1,1 \times R_y \times f_y \times Z_x \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 2096 \\
 &= 8647485 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vu' &= Mu' / L \\
 &= 8647485 / 800 = 10809,36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } V_u \text{ Total} &= V_u \text{ Kombinasi} + V_u' \\
 &= 11625,36 \text{ kg} + 10809,36 \text{ kg} \\
 &= 22434,72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- $R_y = 1,5$  untuk BJ 41 (Pasal 15.5.2 SNI 03-1729-2002)
- $Z_x =$  Modulus plastis Balok Induk
- $L =$  Bentang Balok Induk yang ditinjau

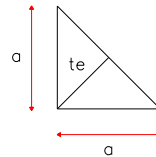
### Data Perencanaan :

#### - Sambungan Baut (A325)

$$\begin{aligned}
 f_u^b &= 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\
 \varnothing \text{ baut} &= 20 \text{ mm} = 2,0 \text{ cm} \\
 A_b &= 3,142 \text{ cm}^2 \\
 r_l &= 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002} \\
 m &= 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}
 \end{aligned}$$

#### - Sambungan Las

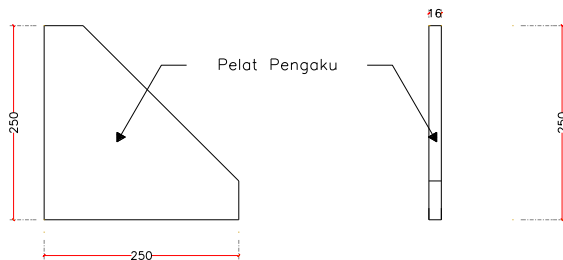
$$\begin{aligned}
 a &= 15 \text{ mm} \\
 l_w &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



*Keterangan :*

- $a$  ( ketebalan kaki las sudut )

#### - Pelat Pengaku



$$t_p = 16 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 250 \text{ cm}$$



### Perhitungan Sambungan :

- Perhitungan Pelat Pengaku

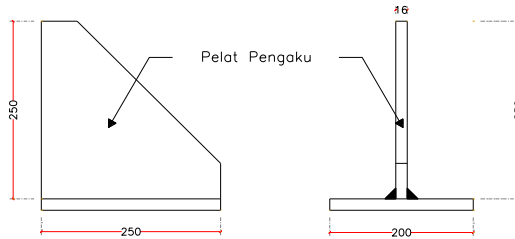
Dimensi pelat pengaku direncanakan dengan ketentuan berdasarkan Pasal 8.11.3 SNI 03-1727-2002. Pelat direncanakan dengan dimensi seperti berikut :

$$bs = 250 \text{ mm}$$

*\*lebar pengaku*

$$ts = 16 \text{ mm}$$

*\*tebal pengaku*



#### Persyaratan 1

$$ts \geq 0,5 \text{ tf}$$

$$ts \geq 0,5 \times 16$$

$$16 \geq 8 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!}$$

#### Persyaratan 2

$$\frac{bs}{ts} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{250}{16} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$15,6 \leq 15,8 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!}$$

- Perhitungan Sambungan Baut

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,142 \\ &= 9719,3 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 1,6 \times 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$- \quad Tu = \frac{Mu}{d_b} = \frac{29840,5}{0,5} = 59681 \text{ kg}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{59681,0}{9719,3} = 6,1, \text{ dipasang 6 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} & \text{atau 200 mm} \\ 3.20 & \leq & 100 & \leq & 15 \cdot 16 & \text{atau 200 mm} \\ 60 & \leq & 100 & \leq & 240 & \text{atau 200 mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{rclclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 & \text{atau 200 mm} \\ 1,5.20 & \leq & 50 & \leq & 15.16 + 100 & \text{atau 200 mm} \\ 30 & \leq & 50 & \leq & 340 & \text{atau 200 mm} \end{array}$$

- Perhitungan Sambungan Las

Karena pada sambungan terdapat momen, las pada sayap balok induk bagian atas dan pelat pengaku di rencanakan menerima geser sentris dan lentur dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\
 &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 4218 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_w &= 4 \times d_1 + 2 \times d_2 \\
 &= 4 \times 25 + 2 \times 20 \\
 &= 140 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Las Sudut

$$\begin{aligned}
 te &= 2 \times 0,707 \times a \\
 &= 2 \times 0,707 \times 1,5 = 2,212 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= F_{nw} \times te \\
 &= 4218 \times 2,212 = 8946,4 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Las Tumpul

$$te = 1,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= F_{nw} \times te \\
 &= 4218 \times 1,0 = 4218,0 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

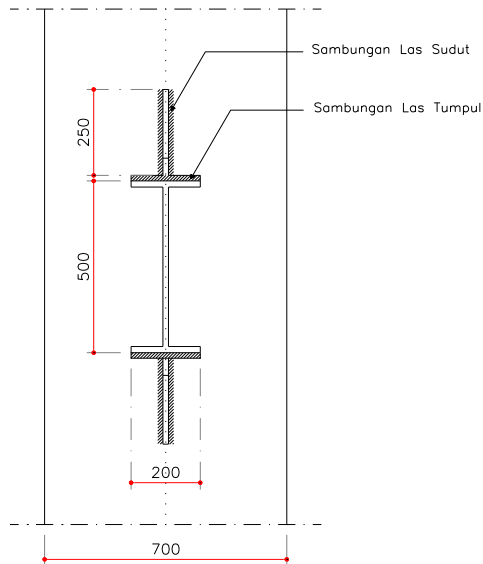
$$\begin{aligned}
 Rn_{\text{total}} &= 8946,4 + 4218,0 \\
 &= 13164,4 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Geser Sentris pada sambungan las

$$f_v = \frac{Vu}{l_w} = \frac{22434,72}{140} = 160,25 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 f_v &< \phi Rn \\
 160,25 &< 13164,4 \text{ kg/cm} \longrightarrow \dots OK
 \end{aligned}$$



**Gambar 6.36** Letak Sambungan Las pada Sambungan Balok – Kolom

Geser Lentur pada sambungan las

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{2984050}{550} = 5425,55 \text{ kg/cm}$$

dimana :

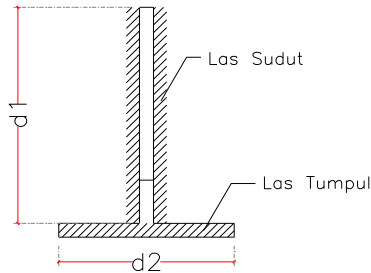
$$S_1' = \frac{d_1^2}{6} = \frac{25^2}{6} = 104,17 \text{ cm}^2$$

$$S_1 = 4 \times 104,17 = 416,7 \text{ cm}^2$$

$$S_2' = \frac{d_2^2}{6} = \frac{20^2}{6} = 66,67 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 2 \times 66,67 = 133,3 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= S_1 + S_2 \\ &= 416,7 + 133,3 = 550,0 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



### Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{5425,55^2 + 160,25^2} \\ &= 5427,91 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

### Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &< \phi R_n \\ 5427,91 &< 0,75 \times 13164,4 \\ 5427,91 &< 9873,28 \text{ kg/cm} \rightarrow \dots OK \end{aligned}$$

### 6.2.10 Sambungan Bresing

Kuat perlu sambungan batang bresing ke balok berdasarkan Pasal 15.13.6.4 SNI 03-1729-2002 harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu 1,25. Ry.Vn.

Maka sambungannya direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :

Kuat Perlu Sambungan

$$\begin{aligned} \text{a. } V_p &= 0,6 \times f_y \times (d-2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (20 - 2 \times 1,2) \times 0,8 \\ &= 21120,0 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{2Mp}{e} &= \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 513 \times 2500}{100} \\ &= 154991,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, kuat geser nominal ( $V_n$ ) yang menentukan adalah 21120,0 kg. Sehingga kuat geser perlu ( $V_u$ ) perumusannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 \times R_y \times V_n \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 21120,0 = 39600 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Sambungan

- Sambungan Baut

- Mutu Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 20 \text{ mm} = 2,0 \text{ cm}$$

$$A_b = 3,142 \text{ cm}^2$$

$$r_l = 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,142 \\ &= 9719,3 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1,5 \times 4100 \\ &= 22140,0 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{39600,0}{9719,3} = 4,1, \text{ dipasang 6 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 3.20 & \leq & 100 & \leq & 15 \cdot 16 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 60 & \leq & 100 & \leq & 240 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.20 & \leq & 50 & \leq & 15.16 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 30 & \leq & 50 & \leq & 340 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

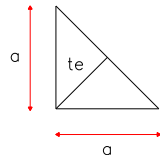
- Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

- Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}a &= 6 \text{ mm} \\ l_w &= 66 + 50 \text{ cm} \\ &= 116 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_w &= 2 \times 0,707 \times a \times l_w \\ &= 2 \times 0,707 \times 0,6 \times 116 = 98,4 \text{ cm}^2\end{aligned}$$



*Keterangan :*

-  $a$  ( ketebalan kaki las sudut)

- Perhitungan Kuat Las

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e70xx} = 4921 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_n &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 4921 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2952,6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan Arah X

$$\begin{aligned} V_{u_x} &= V_u \cos \alpha \\ &= 39600 \cos 47,7^\circ = 26637,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$f_h = \frac{V_{u_x}}{A_w} = \frac{26637,84}{98,414} = 270,7 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan Arah Y

$$\begin{aligned} V_{u_y} &= V_u \sin \alpha \\ &= 39600 \sin 47,7^\circ = 29301,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

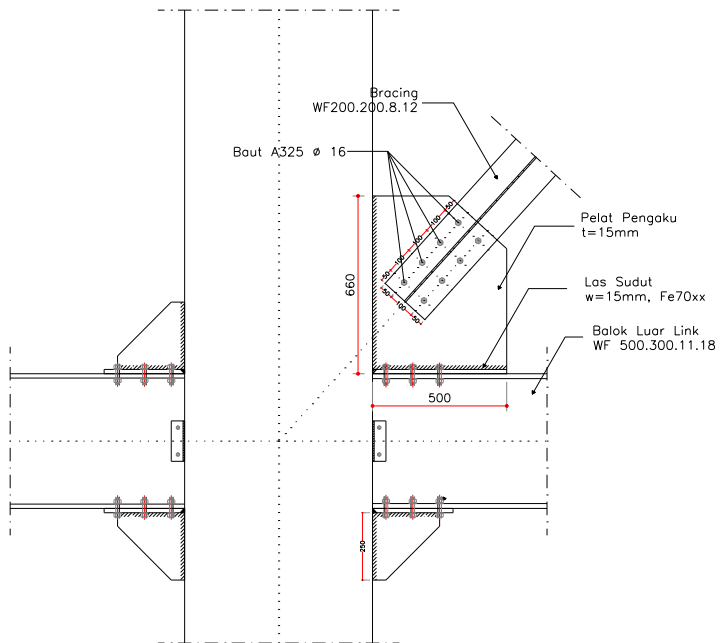
$$f_v = \frac{V_{u_y}}{A_w} = \frac{29301,63}{98,414} = 297,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{270,7^2 + 297,7^2} \\ &= 402,38 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &< \phi f_n \\ 402,38 &< 0,75 \times 2952,6 \\ 402,38 &< 2214,45 \text{ kg/cm}^2 \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$



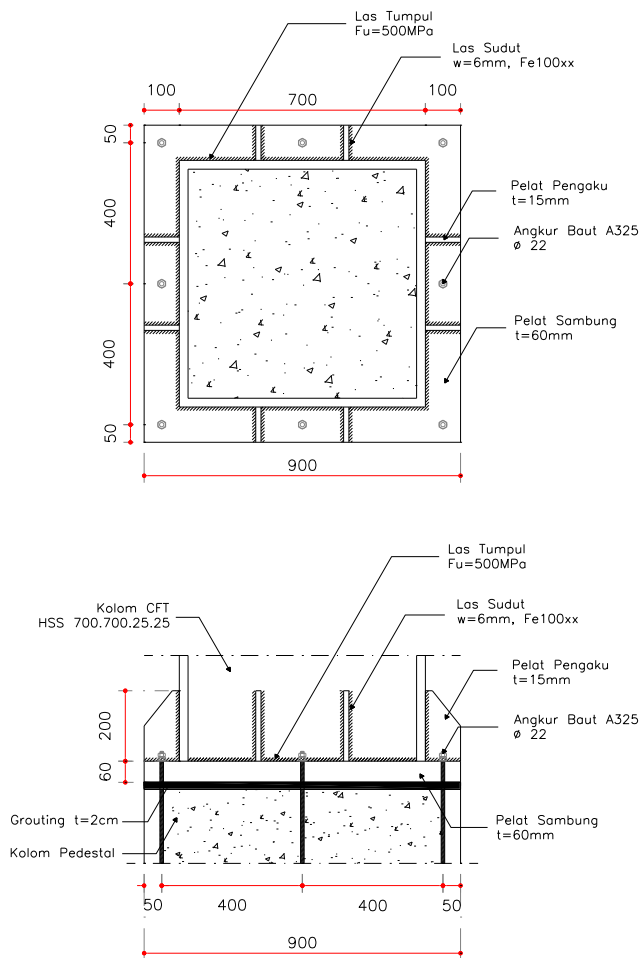


**Gambar 6.37** Sambungan Bracing Dengan Pelat Buhul

### 6.2.11 Sambungan Kolom – Base Plate

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal untuk kemudia beban disalurkan melalui pedestal menuju ke pondasi.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal pada kolom lantai dasar, dengan perencanaan sebagai berikut :



**Gambar 6.38** Sambungan Kolom dengan Base Plate

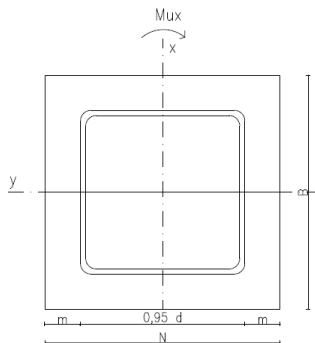
**Perhitungan Gaya Dalam :**

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 33221,63 \quad \text{kg.m} \\ \text{Vu} &= 6989,2 \quad \text{kg} \\ \text{Pu} &= 939048,9 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

**Gaya Tarik (Tu) :**

$$\begin{aligned} \text{Tu} &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\ &= \frac{33221,63}{0,7} + 939048,9 = 986508,3 \quad \text{kg} \end{aligned}$$



**Gambar 6.39** Arah Beban pada Base Plate

**Perhitungan Sambungan :**

- Sambungan las pada kolom

Direncanakan kekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_u = 5000 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\text{Tebal las (te)} = 1,0 \quad \text{cm}$$

$$l_w = d_c \times 4$$

$$= 70 \text{ cm} \times 4 = 280 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_w &= t_e \times l_{we} \\ &= 1,0 \times 280 \\ &= 280 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,8 \times F_u \times A_w \\ &= 0,8 \times 5000 \times 280 \\ &= 1120000 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{6989,2}{1120000} \right)^2 + \left( \frac{986508,3}{1120000} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,78 \leq 1,0 \quad \dots \text{OK}$$

### Perhitungan Dimensi Pelat Landas :

- Kuat Tumpu Kolom

Karena Kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, di asumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan Kuat Tumpu Beton :

$$\begin{aligned} f_{pmax} &= \phi_c \times 0,85 \times f_c' \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \\ &= 16,58 \text{ MPa} = 165,75 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

*Keterangan :*

- *Direncanakan dimensi pelat landas = dimensi pedestal*

Baseplate di desain langsung menumpu pada kolom dibawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar

kolom pedestal dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$f_p = \frac{P_u}{B \times N} = \frac{939048,9}{90 \times 90} = 115,93 \text{ kg/cm}^2$$

*Persyaratan :*

$$\begin{array}{ccc} f_p & \leq & f_{p_{\max}} \\ 115,93 & \leq & 165,75 \text{ kg/cm}^2 \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

- Kuat Perlu Pelat Landas

Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{pl} &= 0,5 \times f_p \times l^2 \\ &= 0,5 \times 115,93 \times 17,5^2 \\ &= 17752,08 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

Dimana, nilai  $l$  diambil terbesar dari  $m$ ,  $n$ , dan  $\lambda_n'$  dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95 d}{2} = \frac{90 - 0,95 \cdot 70}{2} = 11,75 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,95 bf}{2} = \frac{90 - 0,8 \cdot 70}{2} = 17 \text{ cm}$$

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \cdot bf} = \frac{1}{4} \times 1 \times \sqrt{70 \times 70} = 17,5 \text{ cm}$$

*Keterangan :*

-  $\lambda$  = diambil konservatif adalah 1

Dikarenakan baseplate juga menerima momen maka di asumsikan terdapat efek eksentrisitas ( $e$ ) terhadap gaya tekan ( $P_u$ ) terhadap baseplate dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} q_{\max} &= f_{p\max} \times B \\ &= 166,75 \times 90 = 14917,5 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{M_u}{P_u} = \frac{33221,63}{939048,9} \\ &= 0,03538 \text{ m} = 3,538 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{\text{kritis}} &= \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2 q_{\max}} = \frac{0,9}{2} - \frac{939048,9}{2 \times 14917,5} \\ &= 13,525 \text{ cm} \end{aligned}$$

*Persyaratan :*

$$\begin{array}{rcl} e & \leq & e_{\text{kritis}} \\ 3,538 & \leq & 13,525 \text{ cm} \quad \dots \text{Tidak perlu Angkur} \end{array}$$

Karena  $e < e_{\text{kritis}}$  maka termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate.

Namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

- Tebal Pelat Landas

Ketebalan Pelat Landas ( Base Plate) direncanakan dengan perhitungan dan kontrol terhadap sisi desak yang terjadi dengan ketentuan sebagai berikut :

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}} = \frac{939048,9}{14917,5} = 62,949 \text{ cm}$$

a. Tebal Pelat Landas Minimum ( $tp_{\min}$ )

Tebal pelat landas minimum ditentukan berdasarkan kondisi batas leleh pelat landas dengan ketentuan sebagai berikut :

$$tp \geq \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi f_y}}$$

$$tp \geq \sqrt{\frac{4 \times 17752,08}{0,9 \times 2500}} = 5,6 \text{ cm}$$

b. Tebal Pelat akibat kontrol desak momen

Tebal pelat landas akibat momen yang terjadi akibat tegangan reaksi beton pada kantilever (m) ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut :

karena  $Y \geq m$  , maka perhitungan ketebalannya adalah

$$tp \geq 1,5 m \sqrt{\frac{fp}{f_y}}$$

$$tp \geq 1,5 \times 11,8 \times \sqrt{\frac{115,93}{2500}}$$

$$tp \geq 3,8 \text{ cm}$$

sehingga tepal pelat landas (tp) yang memenuhi direncanakan sebesar 60 mm atau 6 cm

### Perhitungan Pelat Pengaku :

- Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$tp = 15 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 200 \text{ cm}$$

#### Persyaratan 1

$$ts \geq 0,5 \text{ tf}$$

$$ts \geq 0,5 \times 25$$

$$15 \geq 12,5 \text{ mm} \quad \dots \text{ OK!}$$

#### Persyaratan 2

$$\frac{bs}{ts} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{15} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

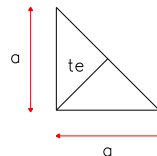
$$13,3 \leq 15,8 \text{ mm} \quad \dots \text{ OK!}$$

- Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 6 \text{ mm}$$





$$l_w = 200 \text{ mm}$$

*Keterangan :*

-  $a$  (ketebalan kaki las sudut)

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0,6) \times 20 \\ &= 16,97 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 16,97 \\ &= 53678,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi R_n \\ 6989,2 &< 53678,27 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \text{....OK} \end{aligned}$$

### **Perhitungan Baut Angkur :**

- Data Perencanaan :

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi \text{ baut} = 20 \text{ mm} = 2,0 \text{ cm}$$

$$A_b = 3,142 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

- Perhitungan Sambungan Baut

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,801 \end{aligned}$$

$$= 9408,28 \text{ kg (menentukan !)}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 6 \times 4100 \\ &= 129888 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{6989,2}{9408,28} = 0,74, \text{ dipasang 8 buah}$$

dipakai 8 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{llll} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 3.20 & \leq & 400 & \leq 15 \cdot 16 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 60 & \leq & 400 & \leq 240 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{llll} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.20 & \leq & 50 & \leq 15.16 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 30 & \leq & 50 & \leq 340 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH**

#### **7.1 Umum**

Pondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar atau konstruksi yang berfungsi menopang bangunan yang ada di atasnya untuk di teruskan secara merata ke lapisan tanah.

Secara umum terdapat dua macam pondasi yaitu Pondasi Dangkal (*Shallow Foundations*) dan Pondasi Dalam (*Deep Foundations*). Yang termasuk dalam pondasi dangkal ialah pondasi memanjang, pondasi tapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan yang termasuk dalam pondasi dalam ialah pondasi tiang pancang (*pile*), pondasi dinding diafragma, pondasi crucuk, dan pondasi caissons.

#### **7.2 Data Tanah**

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat akan dibangunnya gedung. Dengan adanya penyelidikan tanah maka dapat diketahui dan direncanakannya kekuatan tanah dalam menahan beban yang akan disalurkan atau yang lebih dikenal dengan daya dukung tanah terhadap beban pondasi.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data penyelidikan tanah di daerah kota Padang yang dianggap dapat mewakili kondisi tanah pada proyek pembangunan gedung perkantoran ini. Data tanah yang telah tersedia dilapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test ( SPT ) yang dapat dilihat pada bagian lampiran.

Dengan data tanah yang sudah ada maka bisa direncanakan daya dukung tanah serta perencanaan tiang bore pile yang akan digunakan.

### 7.3 Daya Dukung Tanah

#### 7.3.1 Daya Dukung Tanah Tiang Bor Tunggal

Daya dukung ultimate pada pondasi tiang bore menggunakan perumusan “ *Luciana Decourt* “ , sehingga daya dukung ultimate dirumuskan :

$$Q_{ult} = K N_p A_p + ( N_s/3 + 1 ) A_s$$

$$Q_d = Q_{ult} / SF$$

dimana :

- $Q_{ult}$  = Daya dukung tiang bore ultimate
- $Q_d$  = Daya dukung tiang ijin
- $SF$  = Angka Keamanan
- $K$  = Koefisien Karakteristik Tanah
- $N_p$  = Nilai rata-rata SPT (N) sepanjang 4D diatas s/d 4D dibawah ujung tiang
- $N_s$  = Nilai N rata-rata sepanjang tiang dengan nilai  $3 < N < 50$
- $A_p$  = luas penampang diujung tiang
- $A_s$  = luas selimut tiang ( keliling x panjang tiang )

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 28 m, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$D = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\ &= 0,283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times \text{Panjang Tiang} \\ &= \pi \times 0,6 \text{ meter} \times 28 \text{ meter} \\ &= 52,779 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$N_p = \frac{25 + 28 + 21 + 25}{4} = 24,75$$

$$N_s = 21,461 \quad \text{*dari grafik data tanah SPT}$$

$$K = 20 \text{ t/m}^2 \quad \text{*untuk tanah berlempung}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= K N_p A_p + (N_s/3 + 1) A_s \\ &= 20 \times 24,75 \times 0,283 + (21,461 / 3 + 1) \times 52,779 \\ &= 570,3 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$Q_d = \frac{Q_{ult}}{SF} = \frac{570,3}{3} = 190,1 \text{ Ton}$$

Maka didapatkan daya dukung ijin pondasi tiang bore adalah 190,1 Ton atau 1901,0 kN

### 7.3.2 Daya Dukung Tanah Tiang Bore Kelompok

Untuk daya dukung group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi  $C_e$ .

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \times n \times C_e$$

$n$  = jumlah tiang dalam group

#### Perhitungan Koefisien $C_e$

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

$$\begin{aligned} E_k &= 1 - \theta \left[ \frac{(n-1)m + (n-1)m}{90mn} \right] \\ &= 1 - \left( \arctan \frac{600}{1800} \right) \left[ \frac{(6-1)3 + (6-1)3}{90 \times 6 \times 3} \right] \\ &= 0,658 \end{aligned}$$

Dimana :

- D = diameter tiang pancang
- s = jarak antar tiang pancang
- m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris
- n = jumlah baris tiang pancang
- $\Theta$  = Arc tg D/s (dalam derajat)

Maka dapat diambil bahwa nilai Koefisien Efesiensinya adalah 0,658

## 7.4 Perhitungan Pondasi Bore Pile

### 7.4.1 Daya Dukung Tiang Bor Kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), sehingga besarnya beban vertikal ekivalen (Pv) yang bekerja dapat dihitung dengan rumusan :

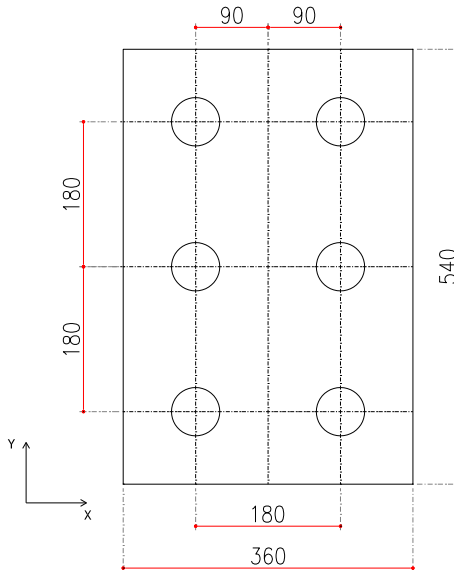
$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

dimana :

- Pv = beban vertikal ekivalen
- V = beban vertikal dari kolom
- N = banyaknya tiang dalam group
- Mx = momen terhadap sumbu x
- My = momen terhadap sumbu y
- $x_{max}$  = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
- $y_{max}$  = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
- $\Sigma x^2$  = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group
- $\Sigma y^2$  = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

Beban – beban yang bekerja pada tiang bisa di dapatkan dari hasil analisis SAP 2000 pada kolom dasar, dimana diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 315,354 \text{ kN} & M_{uy} &= -262,296 \text{ kN} \\ P_u &= 6717,7 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 7.1** Jarak Absis dan Ordinat pada Tiang Bore Pile Kelompok

$$X_{\max} = 0,9 \text{ m} \quad \Sigma x^2 = 6 (0,9)^2 = 4,86 \text{ m}^2$$

$$Y_{\max} = 1,8 \text{ m} \quad \Sigma x^2 = 4 (1,8)^2 = 12,96 \text{ m}^2$$

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{\max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{\max}}{\Sigma y^2}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{6717,66}{6} - \frac{262,296 \times 0,9}{4,86} + \frac{315,354 \times 1,8}{12,96} \\
 &= 1114,84 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

#### Kontrol Daya Dukung

$$\begin{aligned}
 P_v &< P_{ijin} \\
 1114,84 &< E_k \times Q_d \\
 1114,84 &< 0,656 \times 1901,0 \\
 1114,84 &< 1250,86 \text{ kN} \longrightarrow \dots OK
 \end{aligned}$$

### **7.4.2 Perencanaan Pondasi Poer**

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

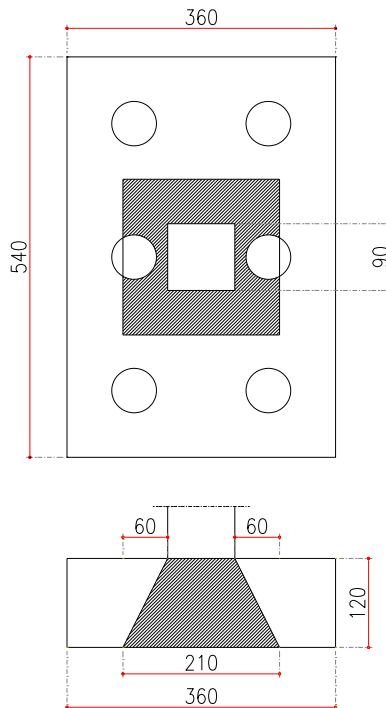
Data-data perencanaan poer :

- $P_{max}$  ( 1 tiang ) = 190,1 ton
- Jumlah tiang bore = 6 buah
- Dimensi poer = 3,6 x 5,4 x 1,2 m
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 MPa
- Mutu baja ( $f_y$  ) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 30 mm
- Selimut beton = 70 mm
- $\lambda$  = 1 (beton normal)
- $\alpha_s$  = 40 (kolom interior)
- Tinggi efektif (d)
  - $d_x = 1000 - 70 - \frac{1}{2} 30 = 915 \text{ mm}$
  - $d_y = 1000 - 70 - 30 - \frac{1}{2}(30) = 885 \text{ mm}$
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi, ( $\beta$ )
 
$$\beta = \frac{1300}{1300} = 1$$

### 7.4.2.1 Kontrol Geser Pons

#### a. Geser Pons Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1.



**Gambar 7.2** Geser Ponds Akibat Beban Kolom

Untuk pondasi tapak non- prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

Keliling penampang kritis :

$$\begin{aligned} b_o &= 2 (b_k + d_x) + 2(h_k + d_y) \\ &= 2 (900 + 1115) + 2 (900 + 1085) \\ &= 8000 \text{ mm} \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned} b_k &= \text{lebar penampang kolom} \\ h_k &= \text{tinggi penampang kolom} \\ d_x \backslash &= \text{tebal efektif poer} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 8000 \times 1115 \\ &= 24916994,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } V_c &= 0,333 \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \sqrt{30} \times 8000 \times 1115 \\ &= 16269331,76 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\ &= 0,083 \left( \frac{40 \times 1115}{80000} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 8000 \times 1115 \\ &= 307175243,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $16269331,76 \text{ N} = 16269,332 \text{ kN}$

#### Kontrol Geser Pons

$$\begin{array}{rcl} P_{\max} & < & \phi V_c \\ 9402,14 & < & 0,75 \times 16269,33 \\ 9402,14 & < & 12202,0 \text{ kN} \quad \dots OK \end{array}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

#### b. Geser Pons Akibat Tiang Bor

Poer juga harus mampu menyebarkan beban dari arah tiang bor menuju ke poer ,sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi akibat tiang bor.

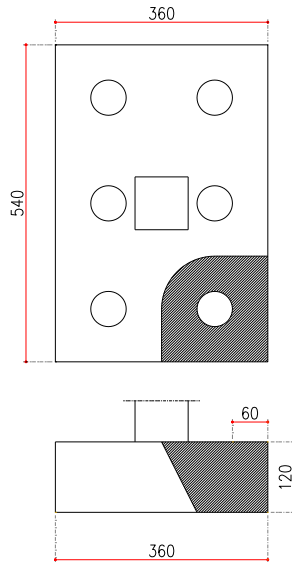
#### Keliling penampang kritis :

$$\begin{aligned} b_o &= (\pi \times (d_p + d)) \\ &= (\pi \times (600 + 815)) = 5387,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned} d_p &= \text{diameter bore pile} \\ d &= \text{tebal efektif poer} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 5387,8 \times 1115 \\ &= 16781070,7 \text{ N} \end{aligned}$$



**Gambar 7.3** Geser Pons Akibat beban Tiang Bor

$$\begin{aligned}
 \text{b. } V_c &= 0,333\sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333\sqrt{30} \times 6860 \times 1115 \\
 &= 10957052,07 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,083 \left( \frac{40 \times 1115}{6860} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 6860 \times 1115 \\
 &= 280693609 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $10957052,07 \text{ N} = 10957,05 \text{ kN}$

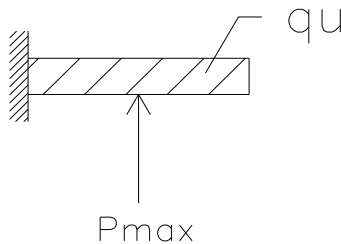
#### Kontrol Geser Pons

$P_{\max}$	<	$\phi V_c$	
1901,0	<	$0,75 \times 10957,05$	
1901,0	<	8217,79 kN	....OK

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat tiang bor.

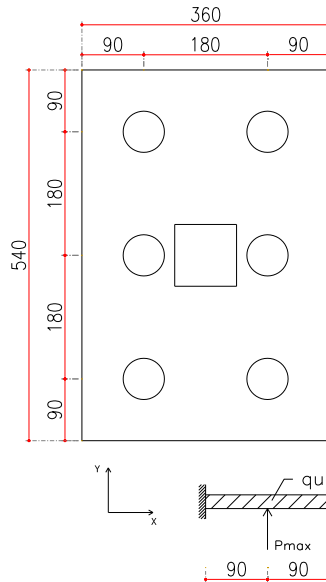
#### 7.4.2.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



**Gambar 7.4** Analisa Poer Sebagai Balok Kantilever

## a. Penulangan Arah X

**Gambar 7.5** Pembebanan Pondasi Poer (Arah Sumbu X)

Beban Terpusat

$$P_{\max} = 190,1 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 190,1 = 570,3 \text{ ton}$$

Beban Merata

$$q = 2,4 \times 36 \times 1,2 = 10,368 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 8,4 \text{ ton/m} \times 1,2 = 12,44 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= P \times a - \frac{1}{2} \times q_{ux} \times L^2 \\ &= (570,3 \times 0,9) - (\frac{1}{2} \times 12,44 \times (1,2)^2) \\ &= 483,03 \text{ ton.m} \\ &= 4830371782 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 1200 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 1115 \text{ mm} \\ dy &= 1200 - 70 - 30 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 1085 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan Kebutuhan Tulangan

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4830371782}{0,8} = 3864297425 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 400 = 0,0035$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{3864297425}{5400 \times 1115^2} = 0,576$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,68} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 0,576}{400}} \right) \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,035 \times 5400 \times 1115 \\ &= 21073,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D30 ( $A_s = 706,85 \text{ mm}^2$ )

Jumlah Tulangan yang di perlukan



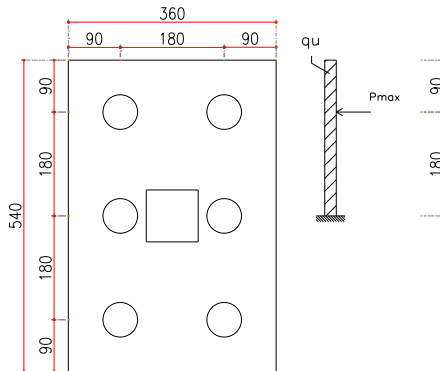
$$n = \frac{14049}{706,85} = 29,81 \approx 30 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang tiap meternya adalah

$$S = \frac{5400}{30} = 180, \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dari perhitungan diatas digunakan tulangan lentur pondasi poer adalah 30 D30–150 mm

#### b. Penulangan Arah Y



**Gambar 7.6** Pembebanan Pondasi Poer (Arah Sumbu Y)

Beban Terpusat

$$P_{\max} = 190,1 \text{ ton}$$

$$P = 2 \times 190,1 = 380,2 \text{ ton}$$

Beban Merata

$$q = 2,4 \times 2,4 \times 1,2 = 6,91 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 6,91 \text{ ton/m} \times 1,2 = 8,29 \text{ ton/m}$$

$$M_u = P \times a - \frac{1}{2} \times q_{uy} \times L^2$$

$$\begin{aligned}
 &= (380,2 \times 0,9) - (\frac{1}{2} \times 8,29 \times (1,8)^2) \\
 &= 467,9 \text{ ton.m} \\
 &= 4679206342 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= 1000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 1115 \text{ mm} \\
 dy &= 1000 - 70 - 30 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 1085 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kebutuhan Tulangan

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4679206342}{0,8} = 3743365073 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 400 = 0,0035$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{3743365073}{3600 \times 915^2} = 0,84$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,84}{400}} \right) \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,0035 \times 3600 \times 1115 \\
 &= 14049 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D30 ( $A_s = 707,14 \text{ mm}^2$ )

Jumlah Tulangan yang di perlukan

$$n = \frac{9396,0}{707,14} = 19,88 \approx 20 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang tiap meternya adalah

$$S = \frac{2400}{20} = 181,129 \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dari perhitungan diatas digunakan tulangan lentur pondasi poer adalah 20 D30–150 mm

#### 7.4.3 Perencanaan Pondasi Tiang Bor (Bore Pile)

Untuk merencanakan penulangan tiang bor (Bore Pile) bisa menggunakan beberapa cara, salah satunya dengan memodelkan tiang bor dengan porgram bantu SAP 2000v14.

Tiang bor dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi dengan memberikan beban maksimum dari kolom yang ditinjau kemudian diteruskan menuju ke pondasi bore pile, sehingga dari beban tersebut di dapatkan hasil output beban yang bekerja pada tiang bor (Bore Pile) yang kemudian direncanakan penulangan dari Tiang bor.

##### a. Titik Penjepitan Tiang

Analisa sturktur pondasi bore pile dihitung berdasarkan titik penjepitan yang terjadi pada tiang pondasi didalam tanah. Titik penjepitan terjadi pada kedalaman dimana sudut lentur tiang sama dengan nol. Panjang tiang sampai titik penjepitan dihitung sebagai berikut :

##### Perhitungan Konstanta Pegas (k)

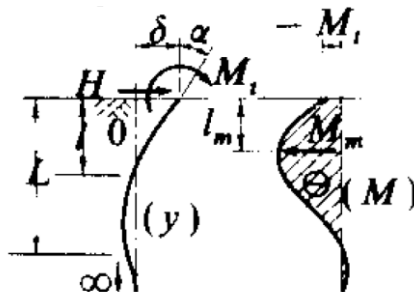
- $E_0 = 28 \times N \text{ (data SPT)}$   
 $= 28 \times 28 = 784$
- $k_0 = 0,2 \times E_0 \times D^{-3/4}$   
 $= 0,2 \times 784 \times 60^{-3/4}$

$$= 7,273$$

- $y = 1$  cm pergeseran pada permukaan
- $k = k_0 \times y^{-1/2}$   
 $= 7,723 \times 1^{-1/2} = 7,723 \text{ kg/cm}^3$

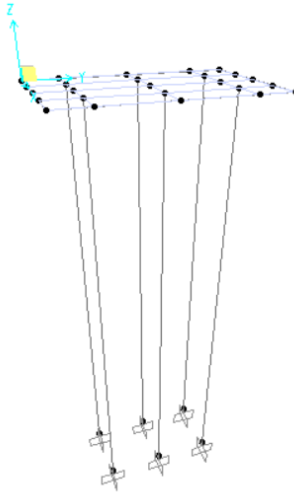
### Perhitungan Kedalaman Tiang yang Terejepit

- $f_c = 30 \text{ MPa}$ , dari perencanaan bore pile
- $E_c = 4700 \sqrt{f_c}$   
 $= 4700 \sqrt{30 \text{ MPa}} = 25742,96 \text{ MPa}$
- $I = \frac{\pi}{64} D^4 = \frac{\pi}{64} 60^4 = 636172,51 \text{ cm}^4$
- $\beta = \sqrt[4]{\frac{kD}{4EI}} = \sqrt[4]{\frac{9,858 \times 60}{4 \times 257429,6 \times 636172,51}}$   
 $= 0,0051$
- $L = \frac{\pi}{\beta} = \frac{\pi}{0,051} = 618,375 \text{ cm}$



**Gambar 7.7** Gaya Menurut Sumbu Orthogonal Tiang

Maka di dapatkan panjang tiang yang terjepit adalah 618,375 cm atau 6,183 meter, sehingga dalam permodelan SAP 2000v14 panjang tiang yang di modelkan sepanjang  $L = 6,183$  m.



**Gambar 7.8** Permodelan Tiang Bor (Bore Pile) dengan Program Bantu SAP 2000

Gaya dalam yang bekerja pada tiang di dapatkan dari hasil analisis SAP 2000v14, dimana diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} M_{ux} = & 24,318 & \text{kN.m} & M_{uy} = & 10,327 & \text{kN.m} \\ P_u = & 2046,12 & \text{kN} & V_u = & 1,542 & \text{kN} \end{array}$$

Data Perencanaan Tiang Bore (Bore Pile) :

$$\begin{array}{ll} d & = 600 \text{ mm} \\ A_g & = 287243,34 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Selimut beton = 50 mm

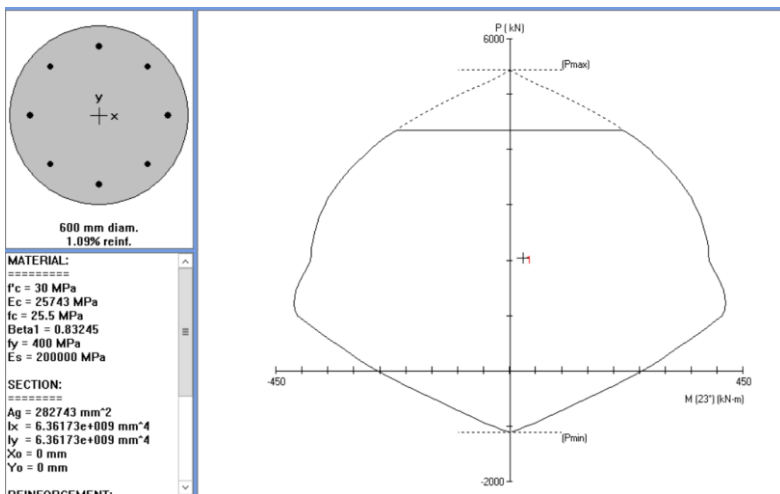
Tulangan sengkang =  $\varnothing 12$  mm

Tulangan utama =  $\varnothing 22$  mm

$$d = 400 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 339 \text{ mm}$$

Penulangan Lentur Tiang Bore (Bore Pile) :

Hasil output SAP2000v14 yang didapatkan kemudian di inputkan kedalam program PCACOL, untuk membantu menentukan tulangan yang akan di rencanakan pada tiang bor (bore pile) dengan hasil sebagai berikut :



**Gambar 7.9** Hasil Analisa Tiang Bor (BorePile) dengan Program PCA Col

Dari PCACOL didapat nilai  $\rho = 1,09 \%$  , maka luasan tulangan ( $A_s$ ) adalah

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0109 \times 400 \times 339 \\ &= 3525,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 8 D22,  $A_s = 380,132 \text{ mm}^2$  dipasang melingkar sama sisi.

Penulangan Geser Tiang Bore (Bore Pile) :

$$V_u = 1,542 \text{ kN} = 1542 \text{ N}$$

$$P_u = 2046,12 \text{ kN} = 2046120 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

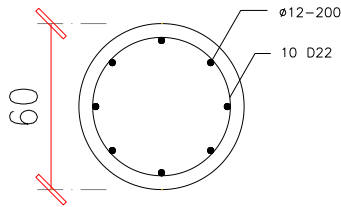
$$\begin{aligned} V_c &= \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\ &= \left( 1 + \frac{2046120}{14 \times 282743,34} \right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 539 \\ &= 447824,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,5 \times 0,75 \times V_c \\ &= 0,5 \times 0,75 \times 447824,4 = 167934,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol Geser

$$\begin{array}{rclcl} V_u & < & \phi V_c & & \\ 1542 & < & 167934,2 \text{ N} & & \dots OK \end{array}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 200.



**Gambar 7.10** Penulangan Bore Pile

### 7.5 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$\begin{aligned} M_u &= 375254 \text{ N} & V_u &= 137620,3 \text{ kN} \\ P_u &= 9401966 \text{ N} \end{aligned}$$

Data Perencanaan Kolom Pedestal :

$$\begin{aligned} b &= 900 \text{ mm} \\ h &= 900 \text{ mm} \\ A_g &= 810000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Mutu bahan :

$$\begin{aligned} f'_c &= 30 \text{ Mpa} \\ f_y &= 400 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Selimut beton = 50 mm

Tulangan sengkang = Ø12 mm

Tulangan utama = Ø22 mm

$$\text{Tinggi efektif} = 900 - (50 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 827 \text{ mm}$$

Penulangan Lentur Kolom Pedestal :

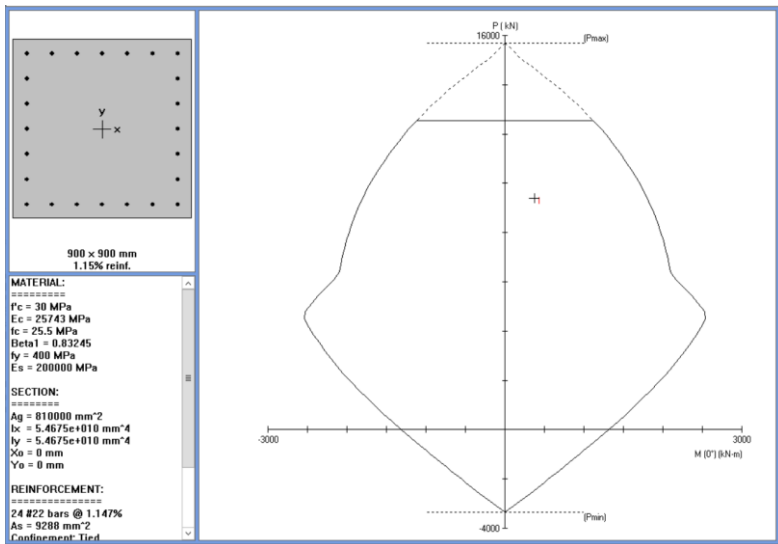
Hasil output SAP2000v14 yang didapatkan kemudian di inputkan kedalam program PCACOL, dimana dari PCACOL



didapat output nilai  $\rho = 1.155\%$ , maka luasan tulangan ( $A_s$ ) adalah

$$\begin{aligned} A_s &= 0.01155 \times 900 \times 827 \\ &= 8596,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 24 D22,  $A_s = 9123.185 \text{ mm}^2$  dipasang merata 4 sisi.



**Gambar 7.11** Hasil Analisa Kolom Pedestal dengan Program PCA Col

Penulangan Geser Kolom Pedestal :

$$V_u = 8188.91 \text{ kg} = 81889.1 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\
 &= \left(1 + \frac{9401966}{14 \times 810000}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 900 \times 827 \\
 &= 1242780 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0.5 \times 0.75 \times V_c \\
 &= 0.5 \times 0.75 \times 1242780 \\
 &= 466042,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

#### Kontrol Geser

$$\begin{array}{rclcl}
 V_u & < & \phi V_c & & \\
 137620,3 & < & 466042,5 \text{ N} & & \text{....OK}
 \end{array}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 200, sengkang dua kaki.

## 7.6 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban –beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data Perencanaan Sloof :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Dimensi Sloof :} & b & = 500 \text{ mm} \\
 & h & = 600 \text{ mm} \\
 & A_g & = 240000 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Mutu Bahan :} & f'_c & = 30 \text{ Mpa} \\
 & f_y & = 400 \text{ Mpa}
 \end{array}$$

Selimum beton	= 50 mm
Tulangan sengkang	= Ø12 mm
Tulangan utama	= Ø22 mm
Tinggi efektif	= 600 – (50 + 12 + ½.22)
	= 527 mm

Beban yang terjadi pada sloof :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban dinding } 1,2 \times 250 \times 5,00 &= 1250,00 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sloof } 1,2 \times 0,5 \times 0,6 \times 2400 &= \underline{720,00 \text{ kg/m}} \\
 Q_u &= 2364,00 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Panjang sloof (L) = 8,00 m

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\
 &= 1/12 \times 2364,00 \times 8,00^2 = 12608 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1/2 \times q_u \times L \\
 &= 1/2 \times 2364,00 \times 8,00 = 9456 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya aksial Kolom = 940197 kg

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ Sloof} &= 10\% \times 940197 \text{ kg} \\
 &= 94019,7 \text{ kg} \\
 &= 940197 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tegangan ijin Tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,75\sqrt{f'c} = 0,75\sqrt{30} = 4,107 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

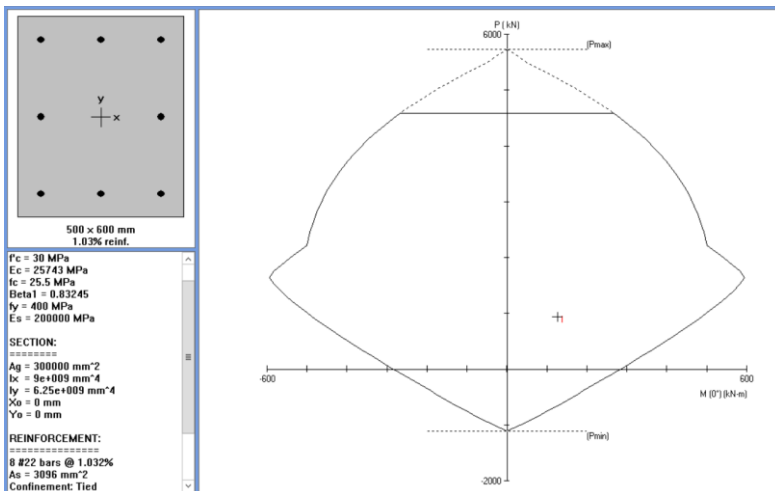
$$f_r = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{940197}{0,8 \times 500 \times 600} = 3,92 \leq f_{ijin} \text{ ..... OK}$$

Penulangan Lentur Sloof :

Hasil Perhitungan Gaya Dalam yang didapatkan kemudian di inputkan kedalam program PCACOL, dimana dari PCACOL didapat output nilai  $\rho = 1,03 \%$  , maka luasan tulangan ( $A_s$ ) adalah

$$\begin{aligned} A_s &= 0.0103 \times 500 \times 527 \\ &= 2714,05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka , dipasang tulangan 8 D22,  $A_s = 3041,06 \text{ mm}^2$



**Gambar 7.12** Hasil Analisa Kolom Pedestal dengan Program PCA Col

Penulangan Geser Kolom Pedestal :

$$V_u = 9456 \text{ kg} = 94560 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\
 &= \left(1 + \frac{9401966}{14 \times 810000}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 500 \times 527 \\
 &= 779008,85 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0.5 \times 0.75 \times V_c \\
 &= 0.5 \times 0.75 \times 779008,85 \\
 &= 292128,32 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol Geser

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi V_c \\
 9456,00 & < & 292128,32 \text{ N} \quad \dots OK
 \end{array}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 200, sengkang dua kaki.

## **BAB VIII**

### **KESIMPULAN**

#### **8.1 Kesimpulan Hasil Perhitungan**

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :
  - a. Plat lantai menggunakan bondek SUPER FLOOR DECK  $t = 0,75$  mm, dengan tebal plat beton :
    - Lantai Atap  $t = 90$  mm
    - Lantai Parkir  $t = 110$  mm
    - Lantai Kantor  $t = 100$  mm
    - Lantai Hunian  $t = 120$  mm
    - Lantai Ruang Publik  $t = 120$  mm
  - b. Balok Anak
    - Lantai Atap WF  $250 \times 175 \times 7 \times 11$
    - Lantai Parkir WF  $300 \times 200 \times 8 \times 12$
    - Lantai Kantor WF  $300 \times 150 \times 5,5 \times 8$
    - Lantai Hunian WF  $300 \times 200 \times 8 \times 12$
    - Lantai Ruang Publik WF  $300 \times 200 \times 8 \times 12$
  - c. Balok Tangga :
    - Pengaku Anak tangga L  $50 \times 50 \times 4$
    - Bordes WF  $100 \times 50 \times 5 \times 7$
    - Balok Utama  $200 \times 150 \times 6 \times 9$
    - Balok Penumpu  $250 \times 175 \times 7 \times 11$
  - d. Balok lift
    - Penumpu WF  $350 \times 175 \times 7 \times 11$
  - e. Balok Ramp
    - Penumpu Ramp WF  $350 \times 175 \times 7 \times 11$
    - Utama Ramp WF  $450 \times 200 \times 9 \times 14$
  - f. Atap Rangka Baja
    - Gording WF  $100 \times 50 \times 5 \times 7$
    - Penggantung Gording  $\varnothing 16$  mm
    - Ikatan Angin  $\varnothing 16$  mm

2. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :
  - a. Balok:
    - Melintang WF  $500 \times 200 \times 10 \times 16$
    - Memanjang WF  $500 \times 200 \times 10 \times 16$
    - Link Melintang WF  $500 \times 300 \times 11 \times 18$
    - Link Memanjang WF  $500 \times 300 \times 11 \times 18$
  - b. Kolom :
    - Lantai Dasar - 3 Komposit CFT  $700 \times 700 \times 25$
    - Lantai 4 - 11 Komposit CFT  $600 \times 600 \times 25$
    - Lantai 12 - Atap Komposit CFT  $500 \times 500 \times 25$
    - Kolom Atap WF  $300 \times 300 \times 10 \times 15$
  - c. Kuda – Kuda
    - Kuda Kuda WF  $350 \times 175 \times 7 \times 11$
3. Dari hasil perhitungan struktur bresing & link didapatkan :
  - a. Panjang link arah :
    - Melintang 100 cm dengan pengaku sejarak 25 cm
    - Memanjang 100 cm dengan pengaku sejarak 25 cm
  - b. Bresing arah :
    - Melintang WF  $200 \times 200 \times 8 \times 12$
    - Memanjang WF  $200 \times 200 \times 8 \times 12$
4. Permodelan analisis struktur menggunakan porogram bantu SAP 2000v14, dengan 4 kontrol desain yaitu:
  - a. Kontrol partisipasi massa.
  - b. Kontrol periode getar struktur.
  - c. Kontrol nilai akhir respon spektrum.
  - d. Kontrol batas simpangan (*drift*).
5. Perencanaan sambungan di desain menggunakan kombinasi beban ultimate yang didapat dari output SAP. Dalam perencanaan ini, sambungan yang digunakan adalah sambungan las & baut.

6. Pondasi struktur menggunakan Tiang Bor dengan  $D = 60$  cm dengan kedalaman 28 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).

Hasil dari perencanaan struktur dapat dilihat pada lampiran gambar berupa gambar teknik.

## 8.2 Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur bresing eksentrik lebih lanjut dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.



*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. (2005), *Seismic Provision for Structural Steel Buildings*. AISC, Inc.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Bandung : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2015)*. Bandung : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. (SNI 03-1729-2013)*. Bandung : BSN
- Becker, Roy & Michael Ishler. (1996). *Seismic Design Practice For Eccentrically Braced Frames*. California : Steel Tips Publication.
- Engelhardt, Michael D., (2007). *Design Of Seismic Resistant Steel Building Structures*. USA :University of Texas
- Engelhardt, Michael D., & Popov, Egor P. (1989). *Behavior of Long Links in Eccentrically Braced Frames*. Earthquake Engineering Research Center UBC/EERC-89/01, College of Engineering University of California at Berkeley.
- Engelhardt, Michael D., & Popov, Egor P. (1992). *Experimental Performance of Long Link in Eccentrically Braced Frames*. Journal of Structural Engineering. Vol. 118, No. 11.

- Egor P. Popov, Kazuhiko Kasai, & Michael D.Engelhardt. (1986). *Advances In Design of Eccentrically Braced Frames*. Structural Steel Conference, Auckland
- Kuranovas, Artiomas & Kazimieras Kvedaras, Audronis., (2007). *Behaviour of Hollow Concrete-Filled Steel Tubular Composite Elements*. Journal of Civil Engineering and Management
- Morino, Shosuke & Tsuda, Keiko. (2003). *Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan. Earthquake Emgineering and Engineering Seismology*
- Moestopo, M., & Yudi, H., (2006), *Kajian Kinerja Link Yang Dapat Diganti Pada Struktur Rangka Baja Berpengaku Eksentrik Tipe Split-K*. Seminar dan Pameran HAKI.
- Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002)*. Jakarta : Erlangga.
- Suwignya, (2010), *Modifikasi Perencanaan Struktur Apartement Puncak Dharmahusada Dengan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentris*. ITS
- Untung, Djoko. (2012). *Bahan Ajar Rekayasa Pondasi dan Timbunan*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- Widyastuti, Erna, (2010). *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Asrama Mahasiswa Universitas Gadjah Mada (Ugm) Di Sendowo, Sleman, Yogyakarta Dengan Menggunakan Hexagonal Castellated Beam*. ITS
- Wiryanto, Dewobroto. (2016). Seri Buku Teknik Sipil *STRUKTUR BAJA Edisi ke-2*

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
SEMINAR DAN LISAN  
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Jum'at tanggal 14 Juli 2017 jam 08.00 WIB telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:

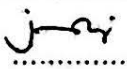


NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3115105012	Fariz Widya Harwanto	Perencanaan Modifikasi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

Motivasi menggunakan EBF ditulis pada Bab 1. Ditulis teori daktilitas dan disipasi energi. Penulangan pile cap jangan dibuat sama, notasi terbalik. Diameter bore pile terlalu kecil, denah penulangan pelat lantai dibuat, daftar pustaka diurutkan. Hitungan tang pancang  $\phi 30$  masih salah, konsep strong column weak beam  $R = e$ , pasang sendi plastis. Gambar 4.2 diperbaiki.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST. MT	
Data Iranata, ST. MT. PhD	
Harun Al Rasyid, ST. MT. PhD	

Surabaya, 14 Juli 2017  
Dosen Pembimbing I  
(Ketua)

  
**Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA**

Dosen Pembimbing 2  
(Sekretaris)

  
**Budi Suswanto, ST. MT. PhD**

Dosen Pembimbing 3  
(Sekretaris)



Form AK/TA 04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
NAMA MAHASISWA	: FARIZ WIDYA HARWANTO
NRP	: 3115105012.
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Modifikasi Struktur Hotel Grand Dafam Krayan Surabaya dengan Menggunakan Sistem Rangka Bering Eksentrik.
TANGGAL PROPOSAL	: 17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 016078 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00/2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	23-3-2017	Asistensi Gambar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pendekatan prelim dari profil Baja, 1/6 L, - Cek kontrol</li> <li>- Atap pakai profil Baja.</li> <li>- kerjakan struktur sekunder.</li> </ul>	CL
2	11-4-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asistensi Plat Bondok</li> <li>- Asistensi Rencana Atap</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harus ada potongan bondok &amp; Anak</li> <li>- Harus dilengkapi dengan Gambar dr setiap perhitungan</li> </ul>	CL
3	21-4-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asistensi Rangka baja</li> <li>- Asistensi Ikatan Angin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- konsep menghitung Ikatan Angin, harus salah satu jenis hitik Simpu / Cross</li> <li>- Pelajari Rangka Batang.</li> </ul>	CL
4	3-5-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asistensi Ikatan Angin</li> <li>- Asistensi Balok Anak &amp; Irf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbaiki Gambar tangga, Gambar Tangga harus lengkap</li> <li>- Kecek profil yg besar pada Balok Anak</li> </ul>	CL
5	10-5-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gambar pada Laporan Perhitungan Tangga</li> <li>- Asistensi Perhitungan Ramp.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gambar Tangga diberi Detail</li> <li>- Gambar Tangga harus Detail</li> <li>- Perbaiki Laporan &amp; perhitungan</li> </ul>	CL
6	19-5-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asistensi Gambar detail tangga pada Laporan AS.</li> <li>- Asistensi Laporan &amp; perhitungan tangga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbaiki hitungan</li> <li>- Perletakan plat, Balok Berdes, &amp; Balok Utama Tangga harus jelas</li> <li>- Gambar &amp; Hitungan Ramp diperbaiki.</li> </ul>	CL

6



Form AK/TA 04  
rev01

**PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil It.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr Ir. Triwulan, DEA
NAMA MAHASISWA	: Fariz Widya Harwanto
NRP	: 3115105012
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Modifikasi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan Menggantikan Sistem Rangka Bering Eksentrik.
TANGGAL PROPOSAL	: 17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 016078 / IT2 VI 4.1 / PP. 05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7	29-5-2017	- Asistensi perhitungan pelat, Balok Bordes & Balok Utama tangga - Asistensi Gambar & hitungan Rump	- Perbaiki hitungan Balok Utama Tangga - Gambar pembebanan penyebaran Beban terbagi rata.	SM
8	30-5-2017	- Asistensi hitungan Balok Utama Tangga. - Asistensi Gambar pembebanan beban merata.	- Perbaiki pembebanan Rump. - Perbaiki Gambar hitungan Kontrol "Beri detail profil" - Kecilkan dimensi profilnya.	DU
9	6-6-2017	- Asistensi pembebanan Rump. - dimensi profil Balok Utama tangga.	- Perbaiki lapisan tangga - detail profil diperbaiki "h" - Lanjut ke permodelan & Struktur Utama.	DU
10	13-6-2017	- Asistensi struktur Utama. - detail profil pada perhitungan - Kontrol penampang	- Beri hasil Output berupa foto - Hasil output ditampirkan di laporan	DU
11	15-6-2017	- membuat hasil output SAP ke hardcopy - Asistensi struktur Utama.	- Kontrol Kolom Komposit Beton. - Mutu Beton terhadap lentur - Profil Balok Indek di cek Momen & Geser.	DU
12	19-6-2017	- Asistensi perhitungan, Lentur Kolom Komposit - Revisi Output SAP B-Lubuk	- Cari jurnal tentang CFT - Perbaiki perhitungan kolom Atap.	DU





Form AK/TA 04  
rev01

**PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil Lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA.
NAMA MAHASISWA	: FARIZ WIDYA HARWANTO
NRP	: 3115105012.
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Modifikasi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan menggunakan Sistem Rangka Bering.
TANGGAL PROPOSAL	: 17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 016078 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017.

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
13	3-7-2017	- Menunjukkan Jurnal CFT - Asistensi perhitungan kolom Atap.	- Cariteng Es & Ec dari kolom komposit - Lanjut Sambungan.	DU ✓ DU ✓ DU ✓
14	6-7-2017	- Hubungan Mekanika Bahan $n = E_s/E_c$ pada komposit.	- Perbaiki hitungan komposisi dijabarkan perhitungannya.	
15	12-7-2017	- perbaiki hitungan kolom komposit.	- Perbaiki laporan & - Moju sidang.	



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, ST, MT, PhD
NAMA MAHASISWA	: Fariz Widya Harwanto
NRP	: 3115105012
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR <del>RE</del> GEDUNG HOTEL GRAND DAFAM KAYOM SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BERING EKSENTRIK
TANGGAL PROPOSAL	: 17 JANUARI 2017
NO. SP-MMTA	: 016078 / IT2.VI 4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	7-3-2017	- Denah dan Bag Sekunder " dinamis struktur sekunder" - Tabelkan Bentang 2 meter yg lain	- Tabel Tabel perhitungan hap Bentang,	<i>[Signature]</i>
2	23-3-2017	- Balok Anak, ganti pembebanan koridor tidak masuk ke - ganti bahan dari	- Balok Irfi, Tangga & Rm.	<i>[Signature]</i>
3	24-3-2017	- Asistensi Rangka Atap Baja	- Kiri Gambar Rangka Atap Baja & Perhitungannya	<i>[Signature]</i>
4	10-4-2017	- Perhitungan Balok Irfi - tangga	- perbaiki dimensi balok Irfi - perbaiki tangga	<i>[Signature]</i>
5	28-4-2017	- Perhitungan Tangga Revisi - Perhitungan Balok Irfi Revisi	- Lanjutkan perhitungan Rmp. - kontrol permodelan struktur	<i>[Signature]</i>
6	5-5-2017	- Asistensi perhitungan kontrol permodelan	- kontrol permodelan dijadikan ke Word	<i>[Signature]</i>
7	8-5-2017	- Perbaiki penulisan di Word bab <del>bag</del> permodelan,	- Lanjut Struktur primer.	<i>[Signature]</i>
8	15-5-2017	- Asistensi per letakan Tangga.	- Lanjut Sambungan, Pondasi Struktur Bawah & Gambar.	<i>[Signature]</i>





Form AK/TA-04

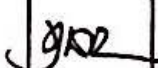
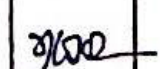
rev01

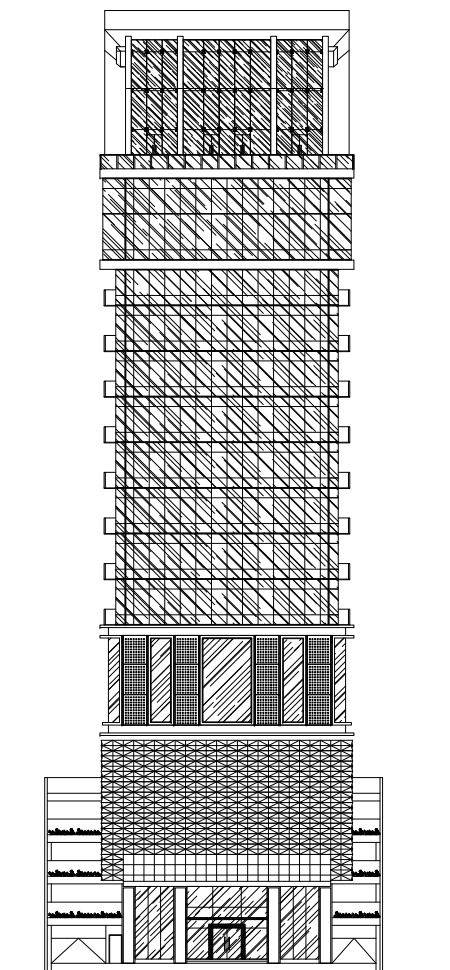
PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

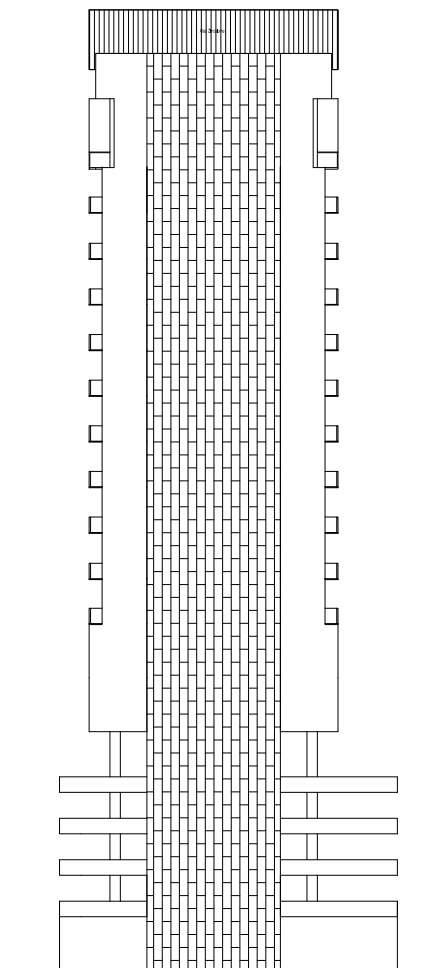
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	:	Budi Surwanto, ST, MT, Ph.D.
NAMA MAHASISWA	:	Fariz Widya Harwanto.
NRP	:	315105012
JUDUL TUGAS AKHIR	:	Perencanaan Modifikasi Struktur Gedung Hotel Grad dalam Kawasan Surabaya dengan menggunakan sistem Rangka Bering Eksentrik.
TANGGAL PROPOSAL	:	17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	:	016078 / 112.VI.4.1 / PP-05.02.00 / 2017.

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
9	5-6-2017	- Asistensi Sambungan & Pondasi	- Perbaiki perhitungan. - Cek kolom komposit	
10	15-6-2017	- Cek kolom komposit - Perbaiki perhitungan.	- Perbaiki perhitungan kolom komposit.	



**TAMPAK DEPAN**  
SKALA 1 : 200

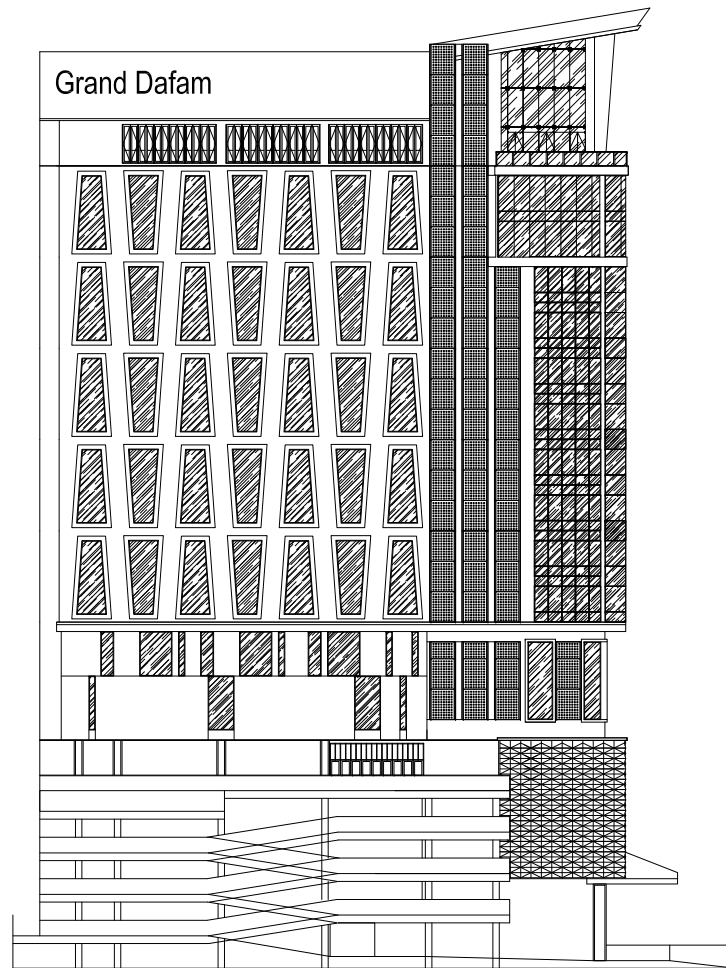


**TAMPAK BELAKANG**  
SKALA 1 : 200

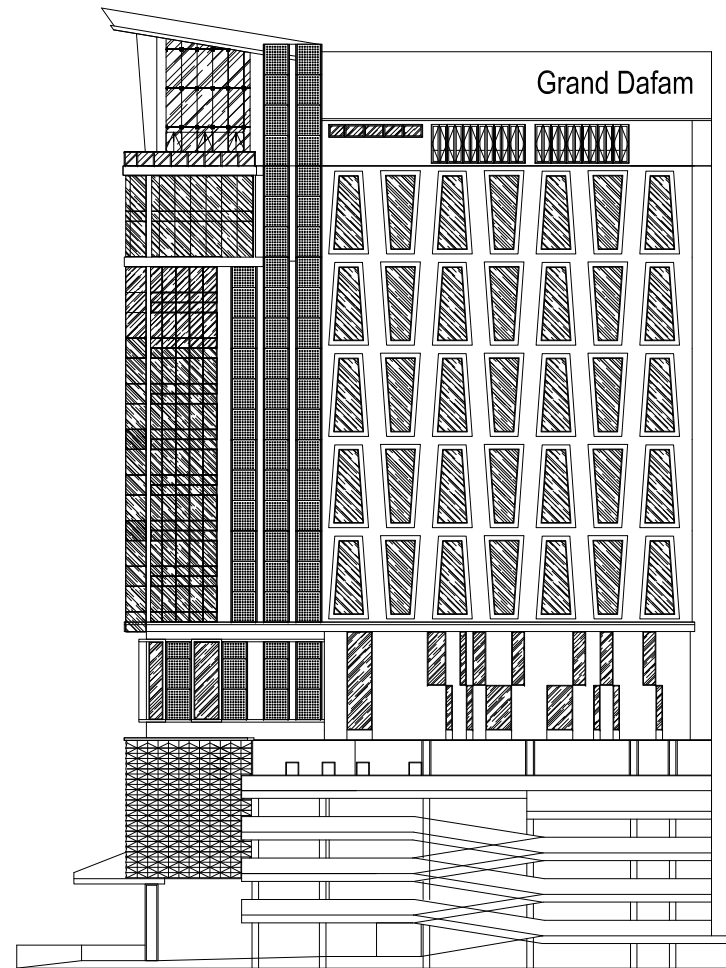


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. TAMPAK DEPAN 2. TAMPAK BELAKANG	1:200	1	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



TAMPAK SAMPING KANAN  
SKALA 1:200



TAMPAK SAMPING KIRI  
SKALA 1:200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR

1. TAMPAK SAMPING KIRI
2. TAMPAK SAMPING KANAN

SKALA

1:200

NO.

2

JUMLAH

12

NAMA MAHASISWA

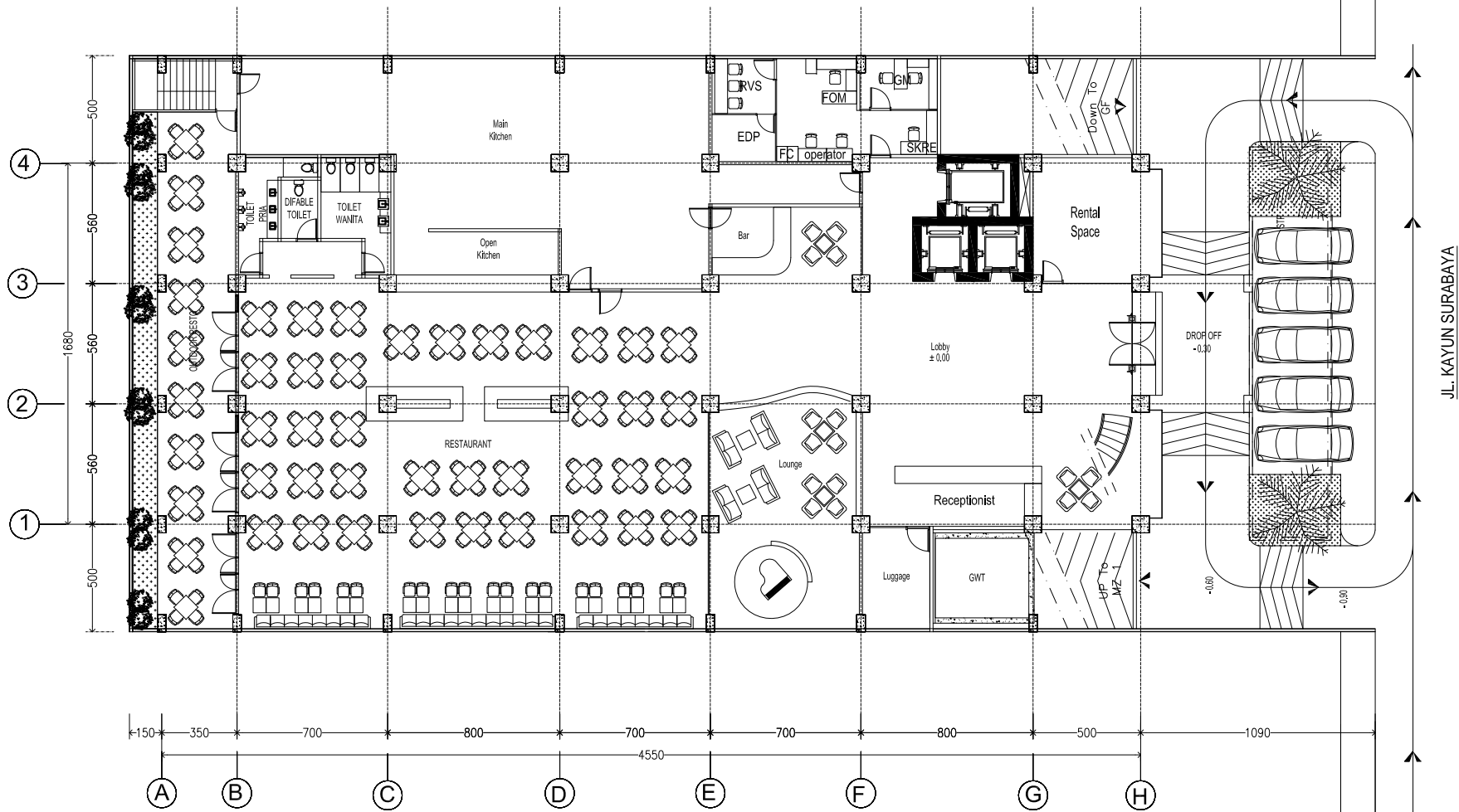
FARIZ WIDYA HARWANTO  
3115105012

DOSEN PEMBIMBING

1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D

KETERANGAN

ARS



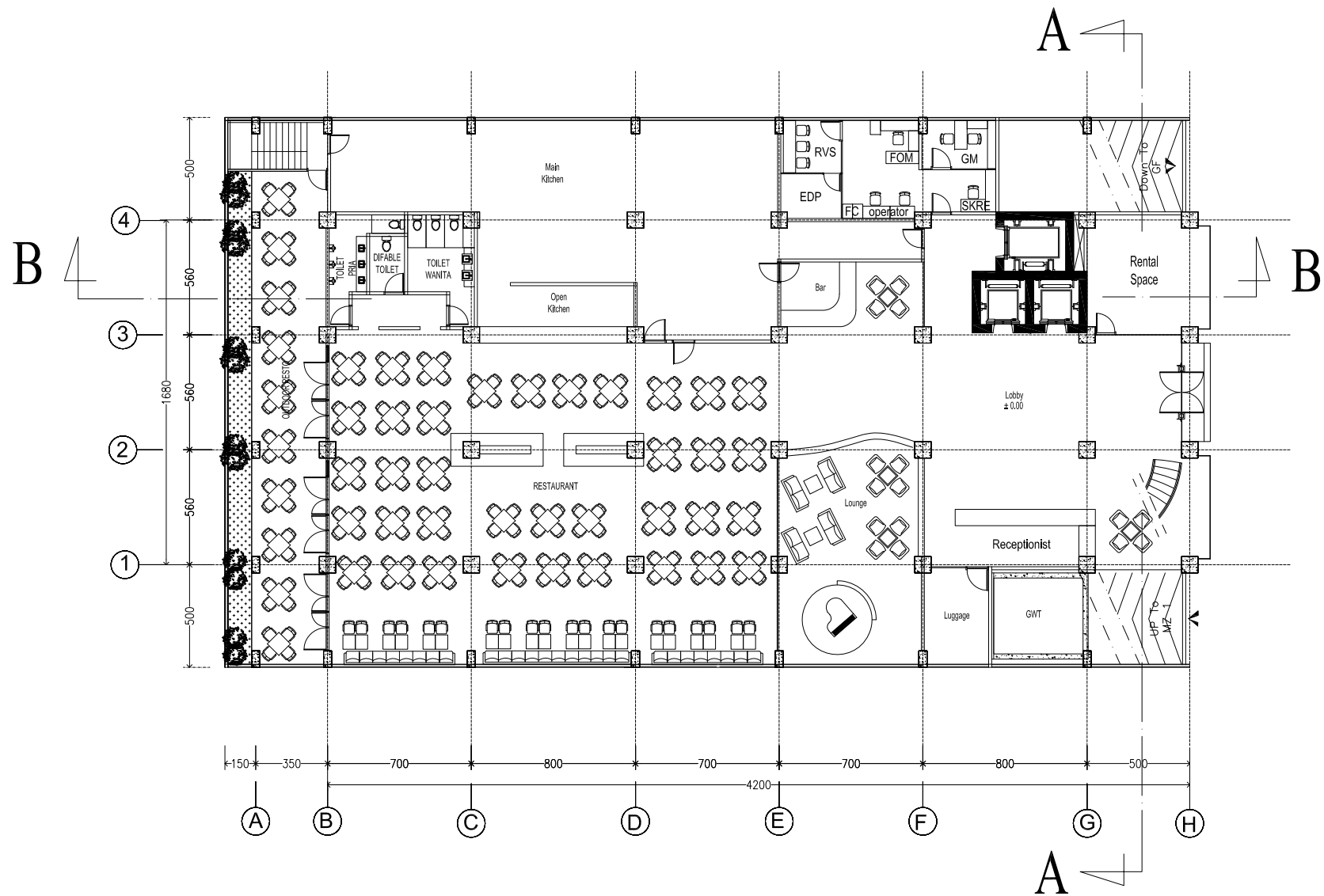
## SITE PLAN

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. SITE PLAN	1:200	3	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



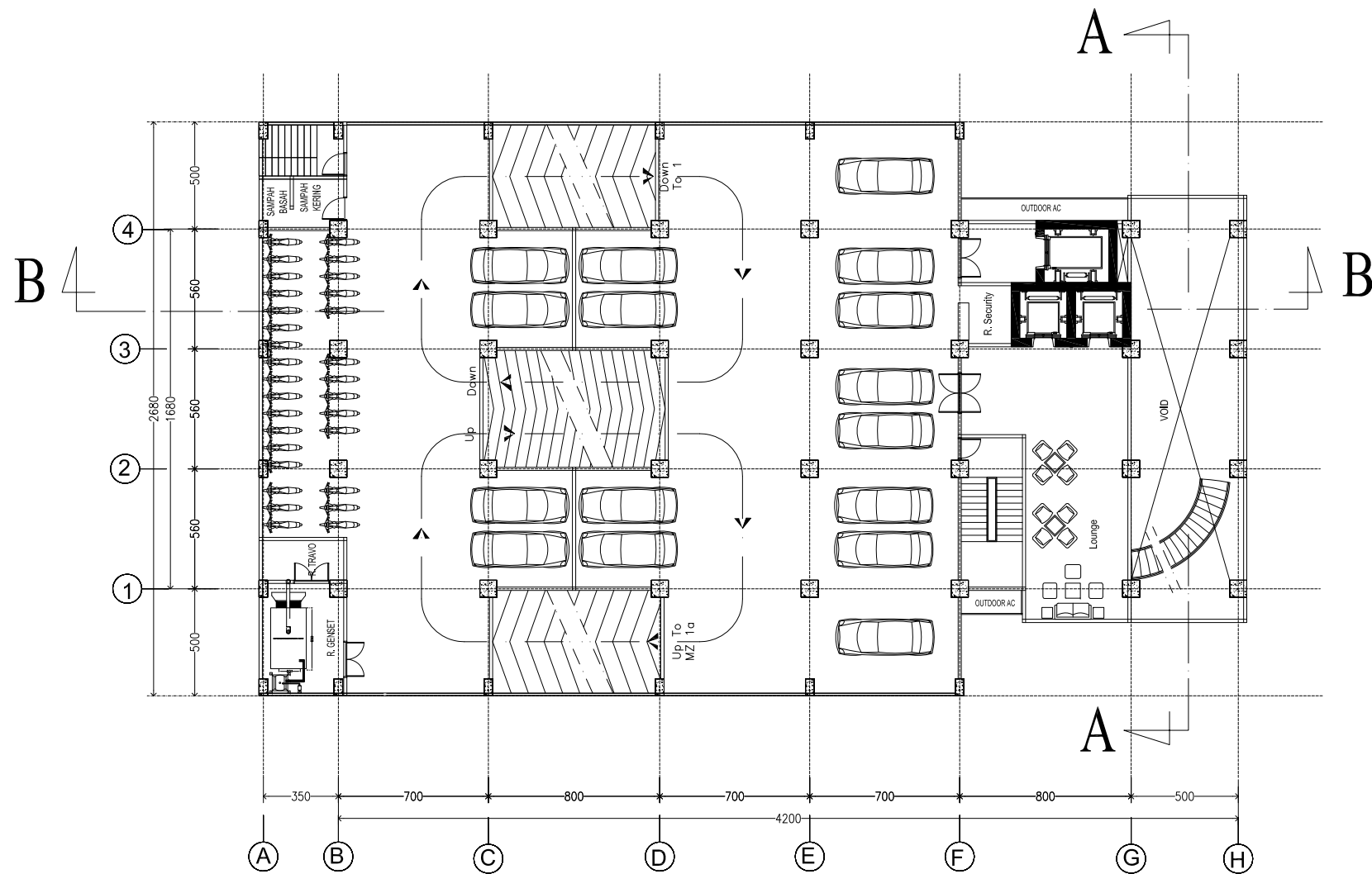
## GROUND FLOOR

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH GROUND FLOOR	1:200	4	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



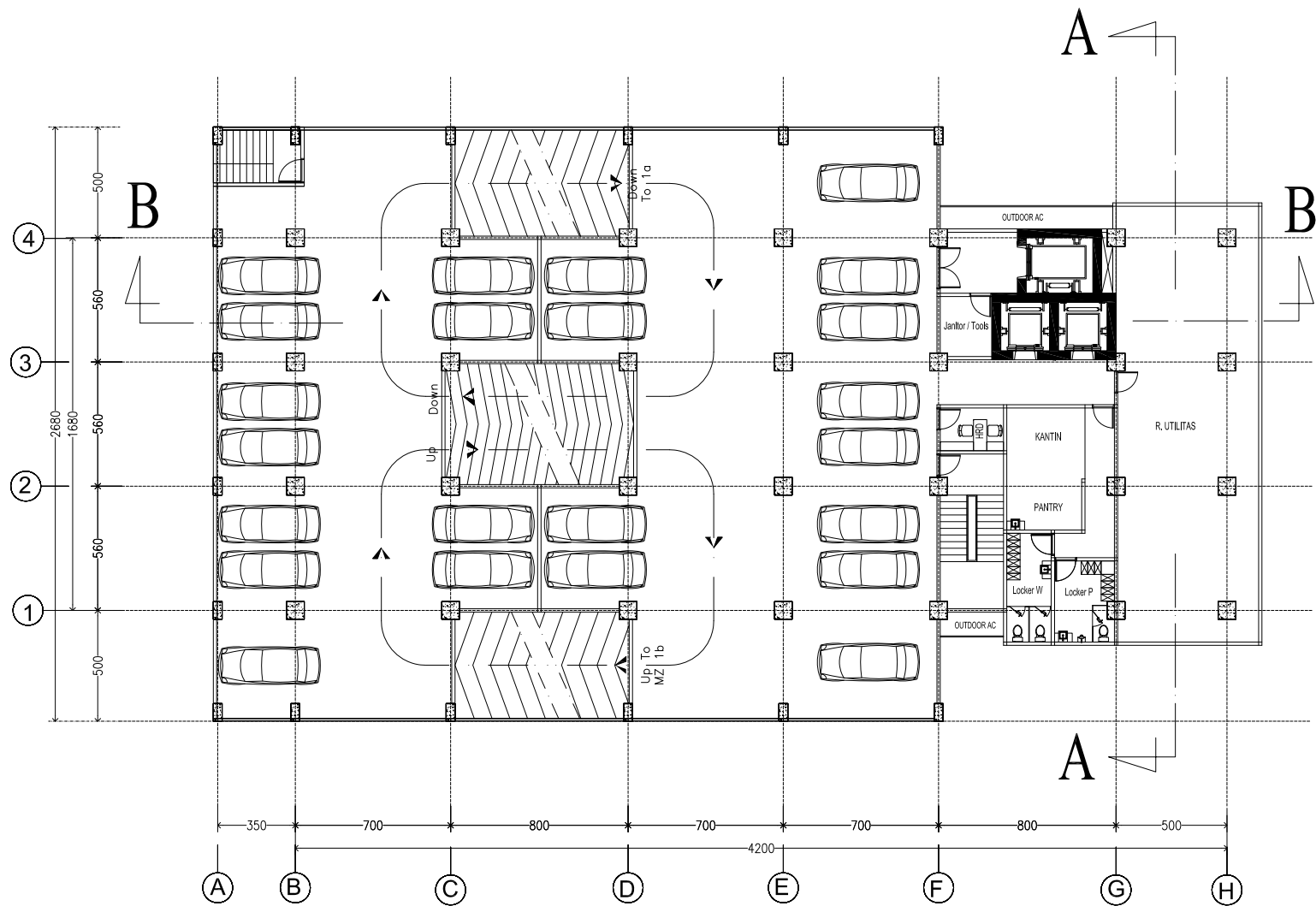
**DENAH LT.MZ 1**

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. MZ 1	1:200	5	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



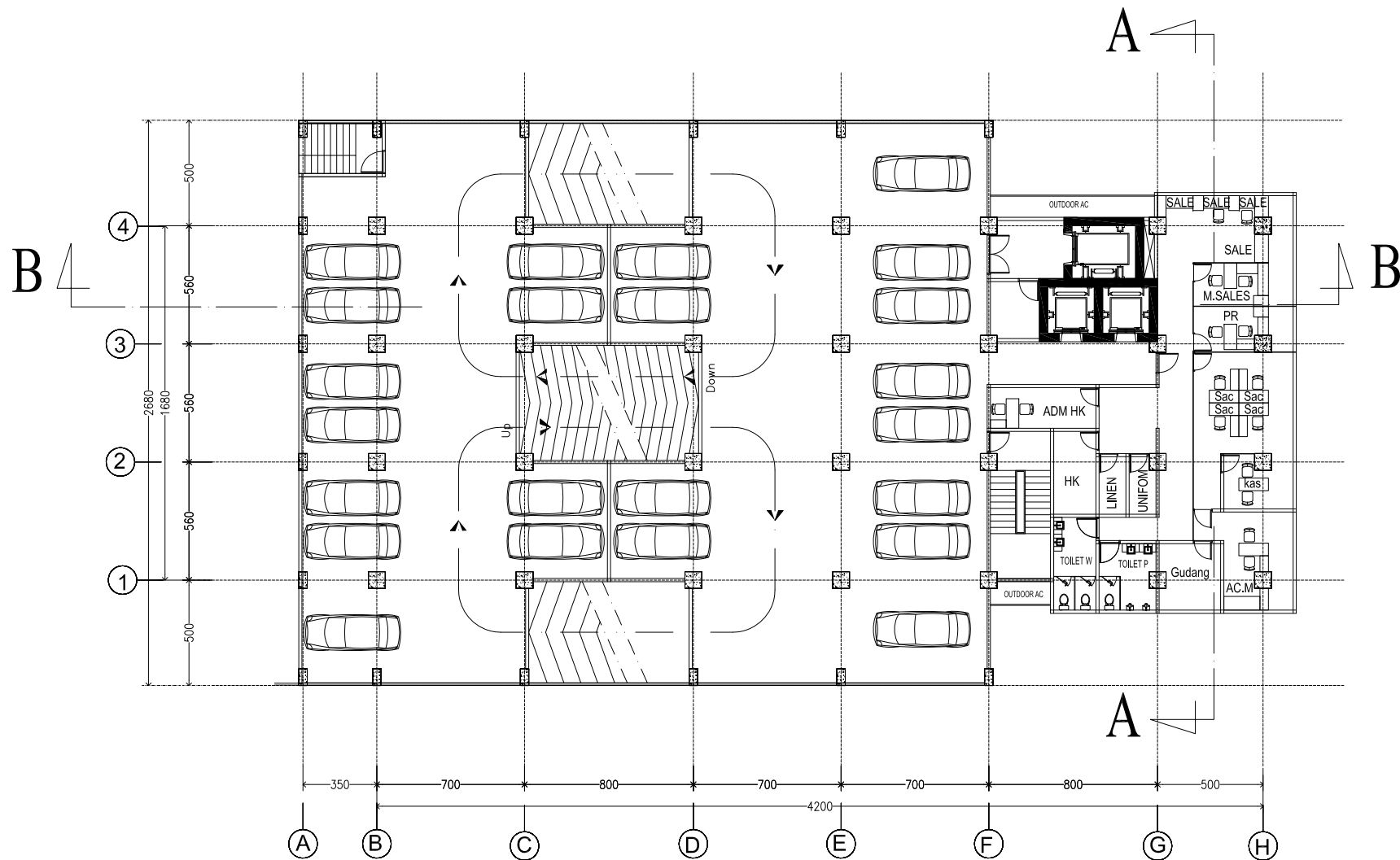
**DENAH LT.MZ 1A**

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. MZ 1A	1:200	6	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



**DENAH LT.MZ 1B**

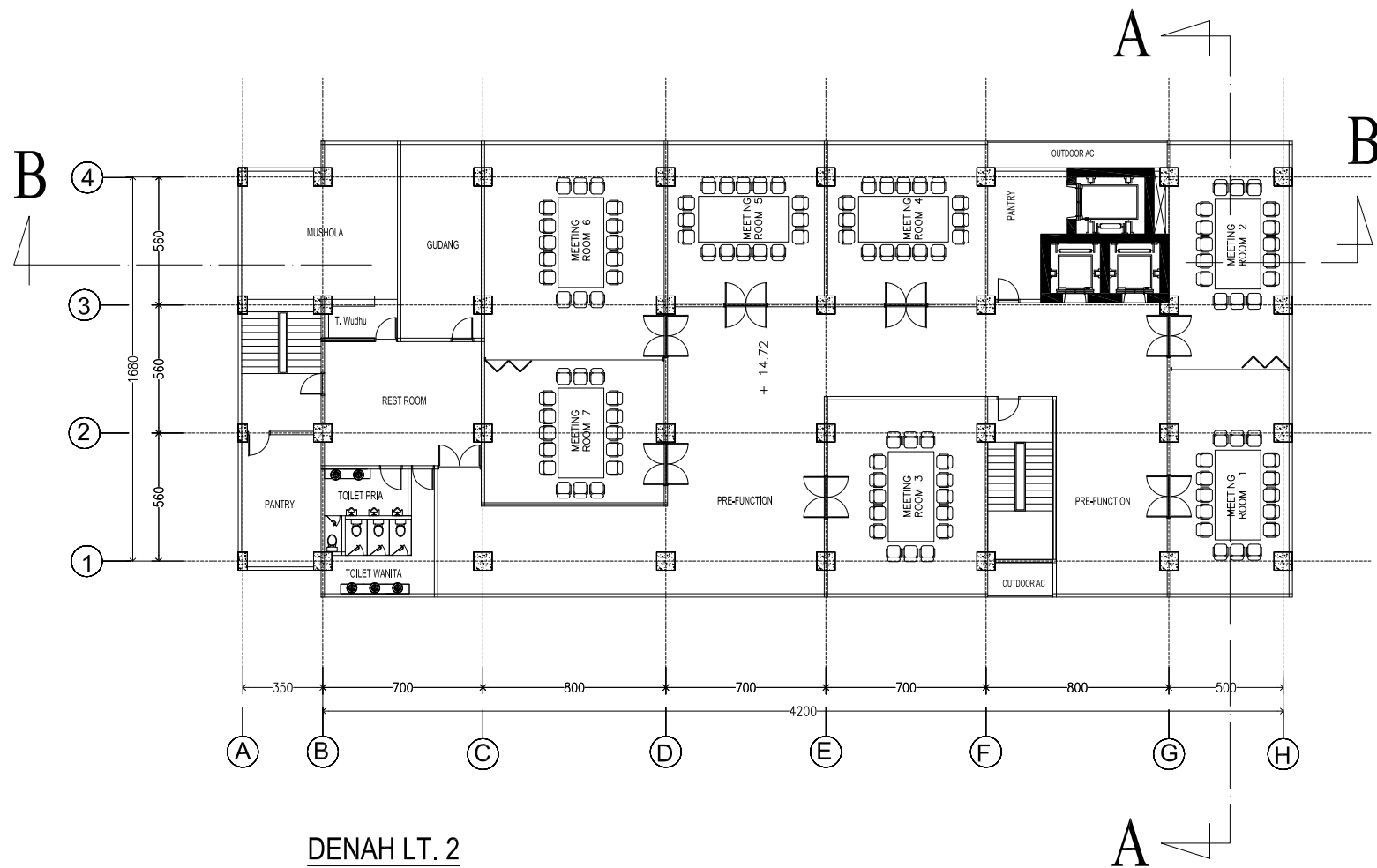
SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

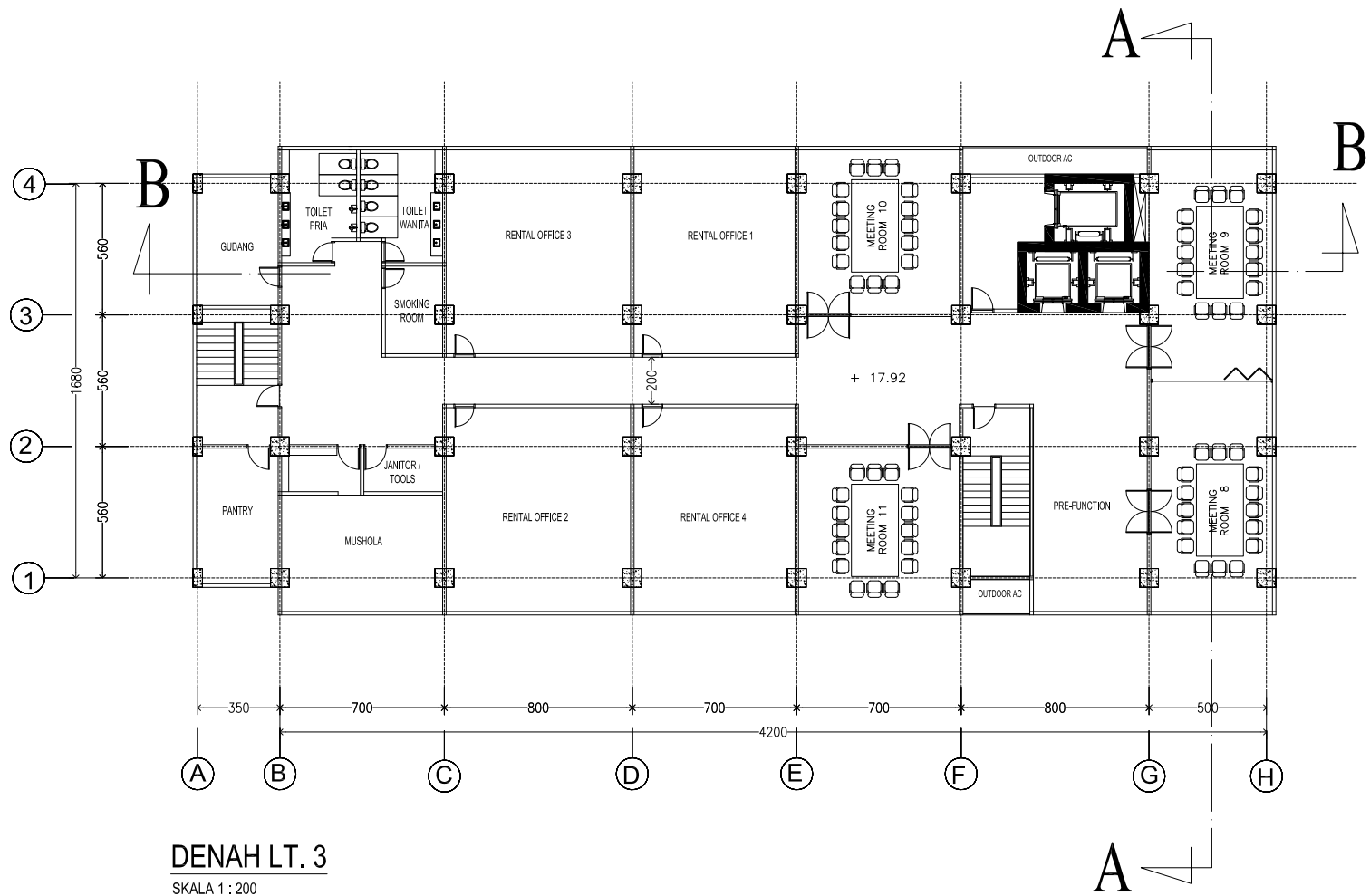
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. MZ 1B	1:150	7	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS





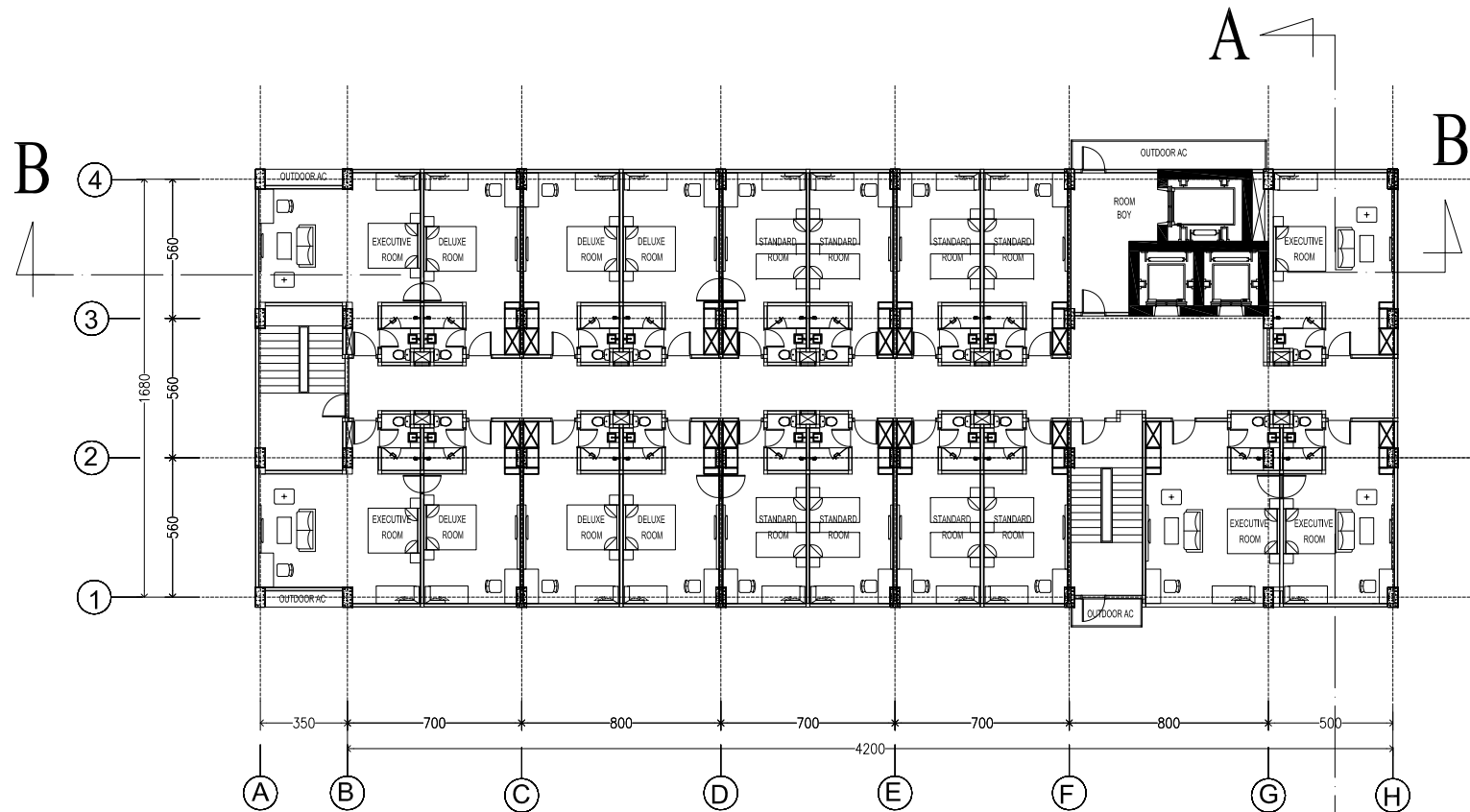
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. 2	1:150	8	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. 3	1:150	9	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



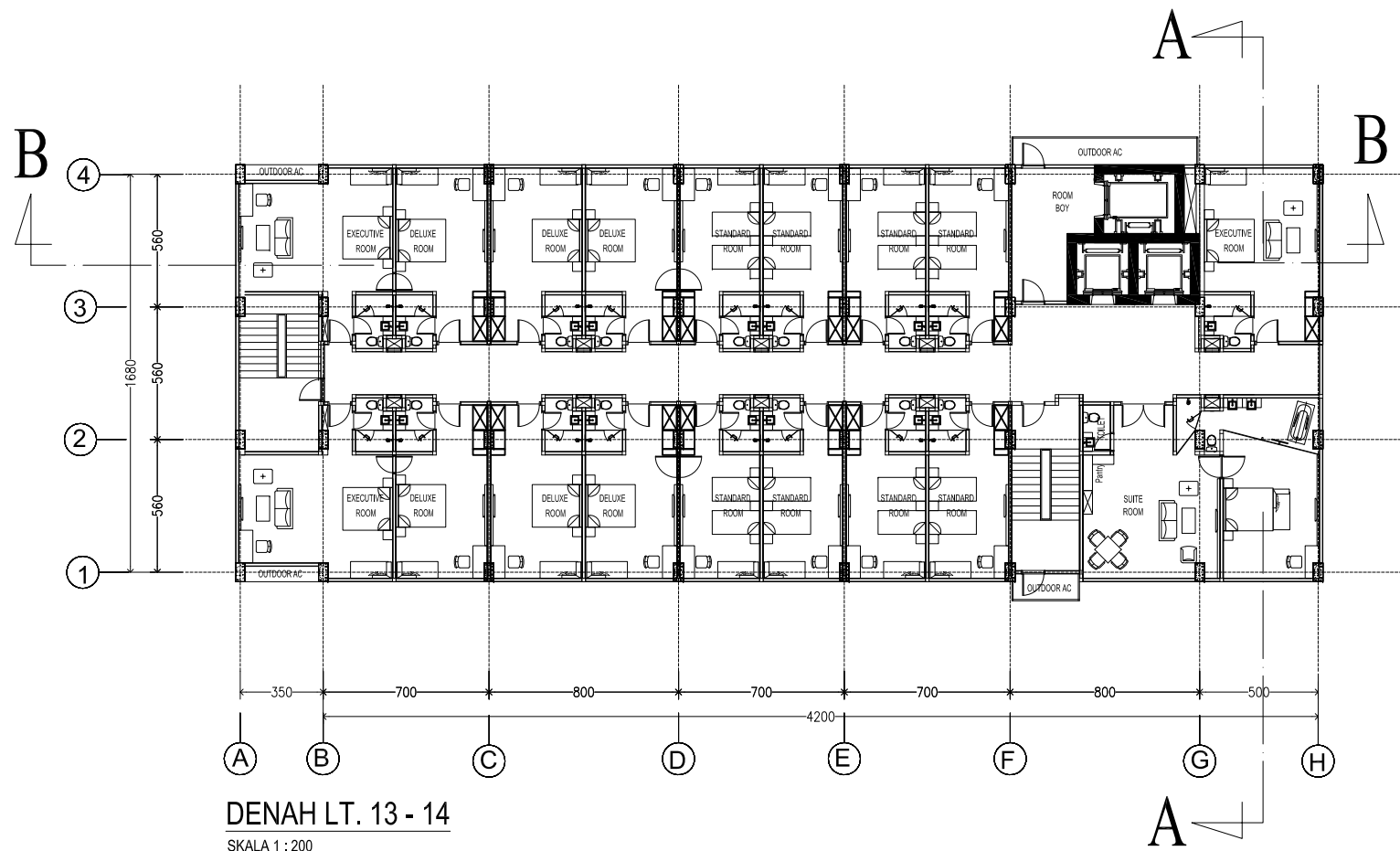
**DENAH LT. 4 - 12**

SKALA 1 : 200



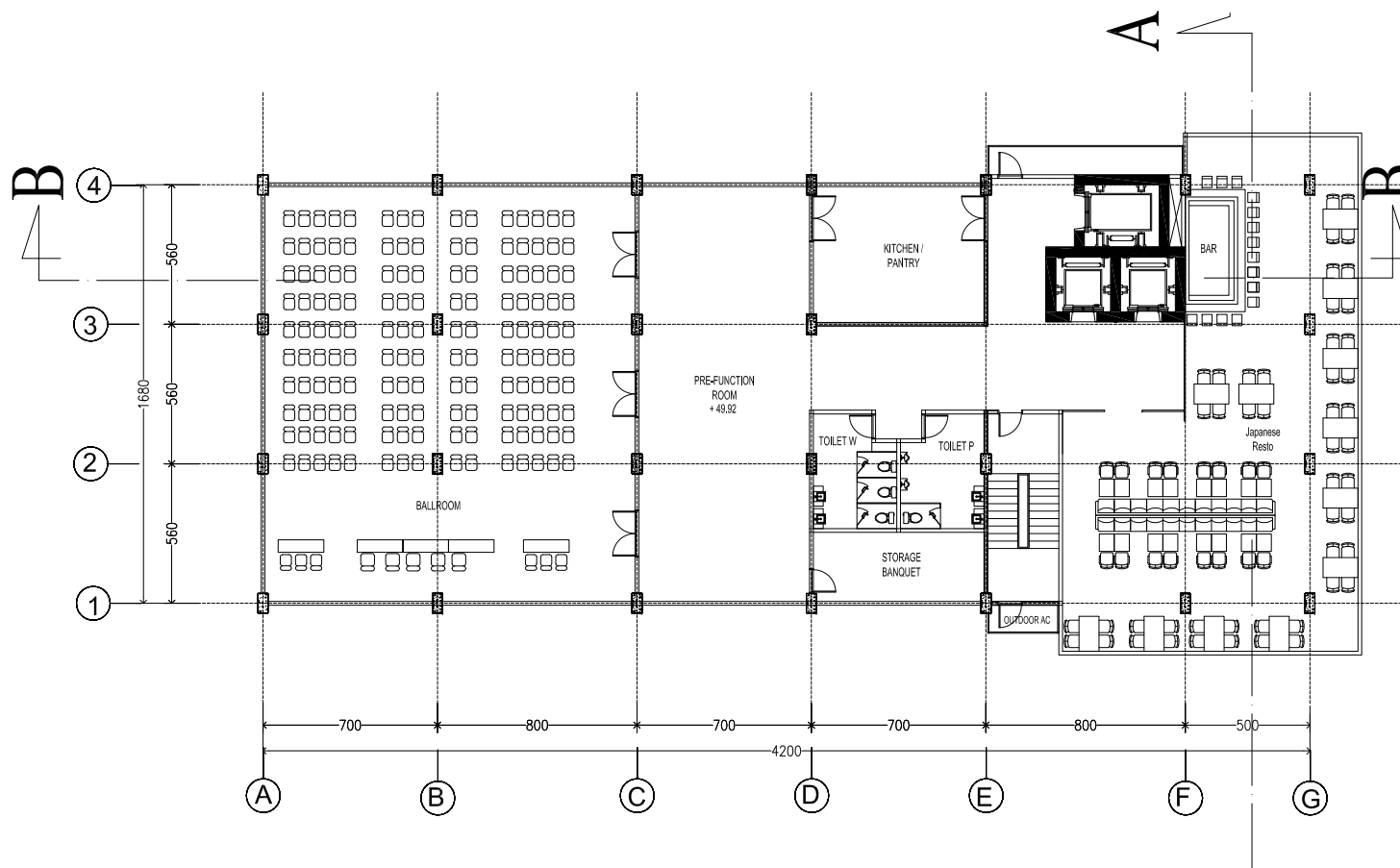
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. 4 - 12	1:150	10	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. 13 - 14	1:150	11	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



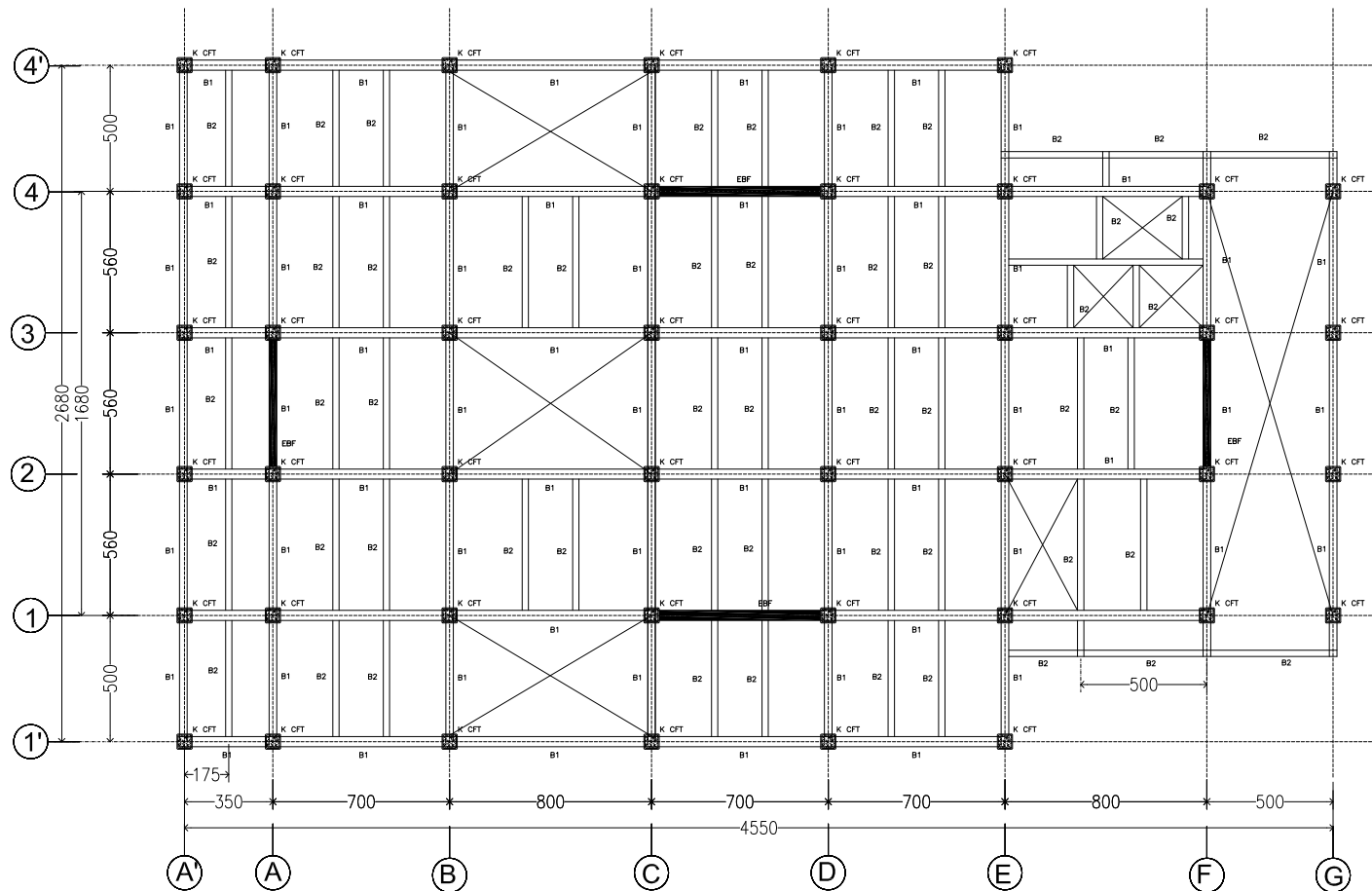
**DENAH LT. 15**

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. 15	1:200	12	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



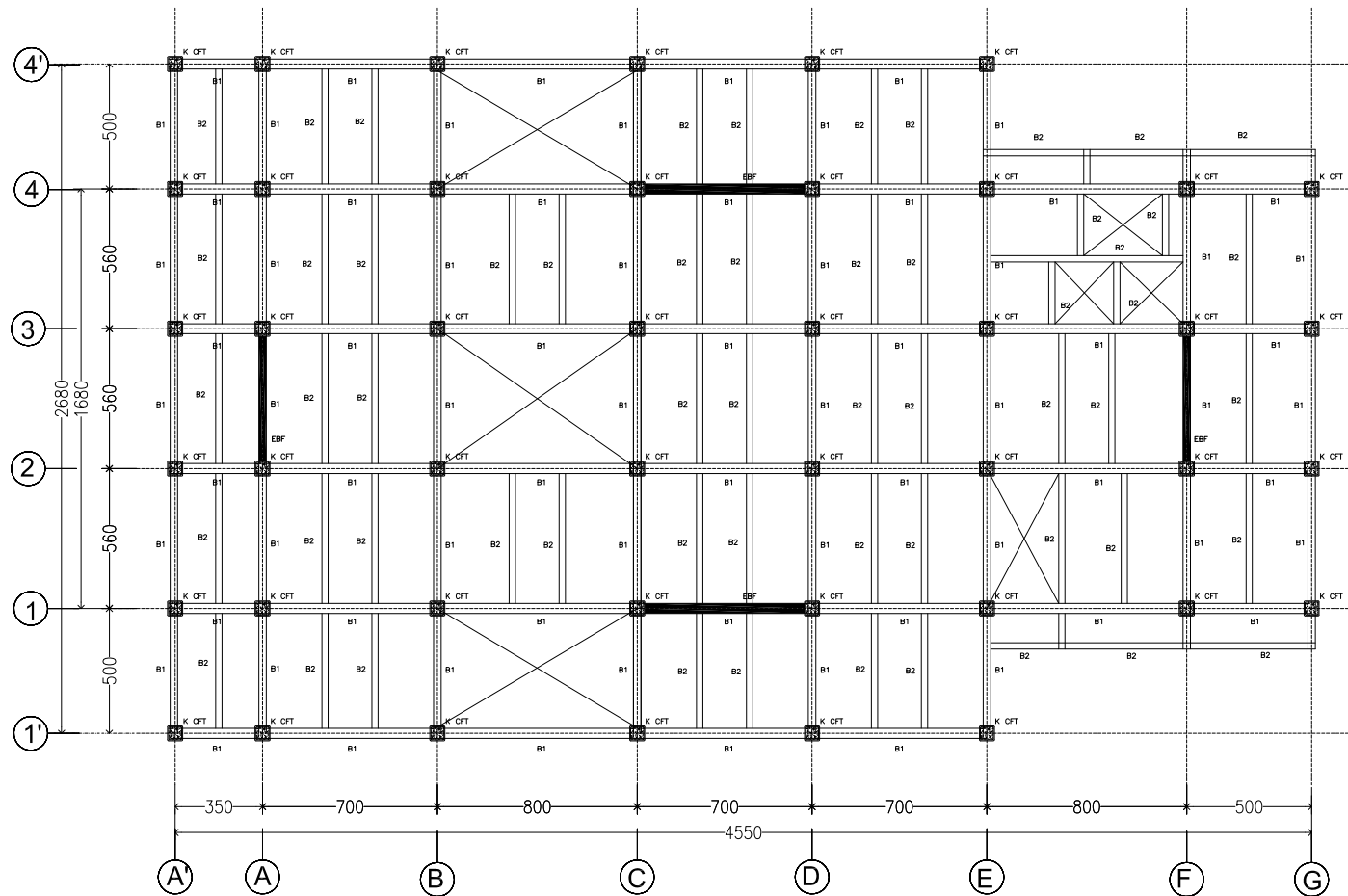
**DENAH BALOK LT. MZ 1**  
skala 1 : 200

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. MZ 1	1:200	1	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



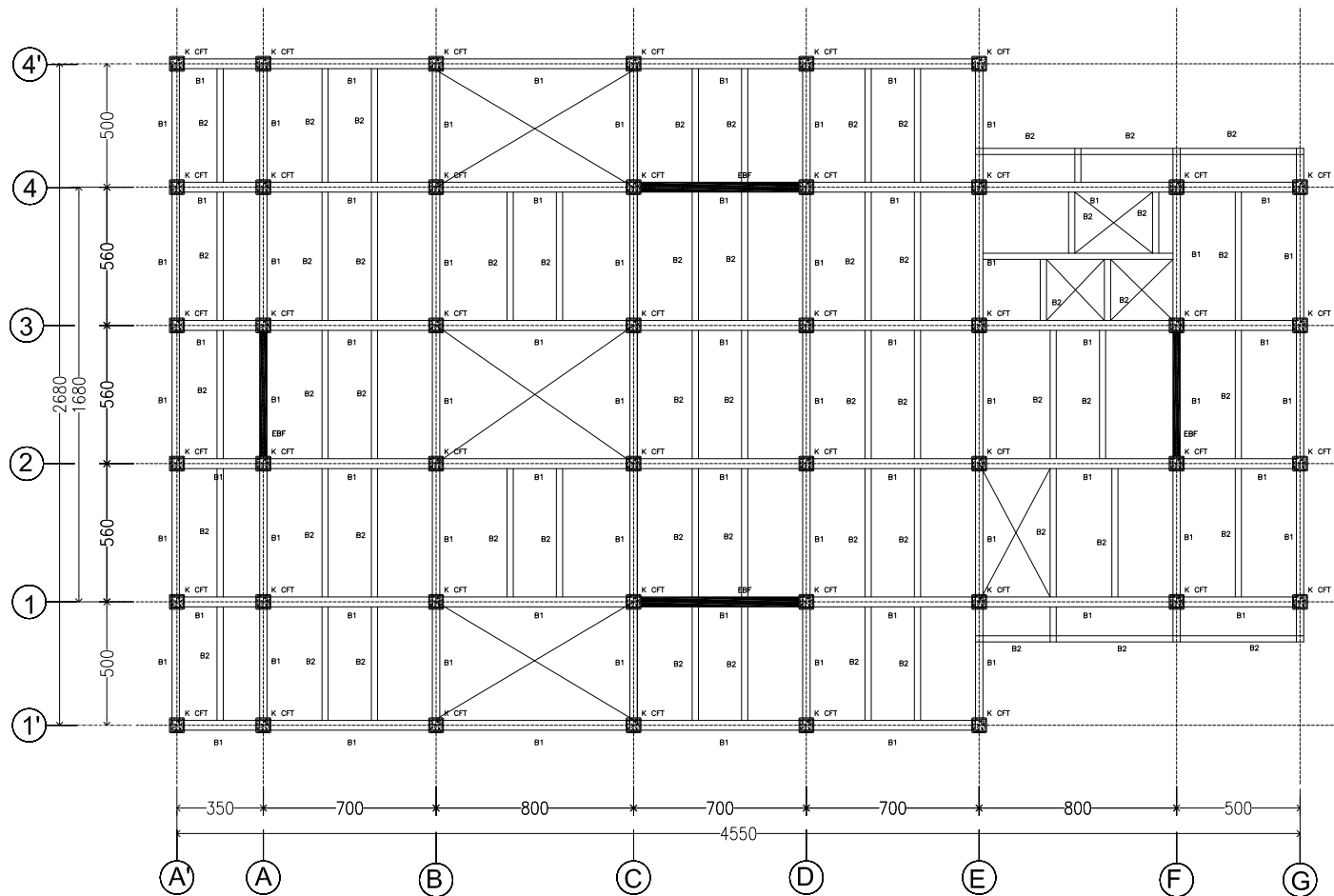
**DENAH BALOK LT. MZ 1a**  
skala 1 : 200

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. MZ 1A	1:200	2	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



**DENAH BALOK LT. MZ 1b**  
 skala 1 : 200

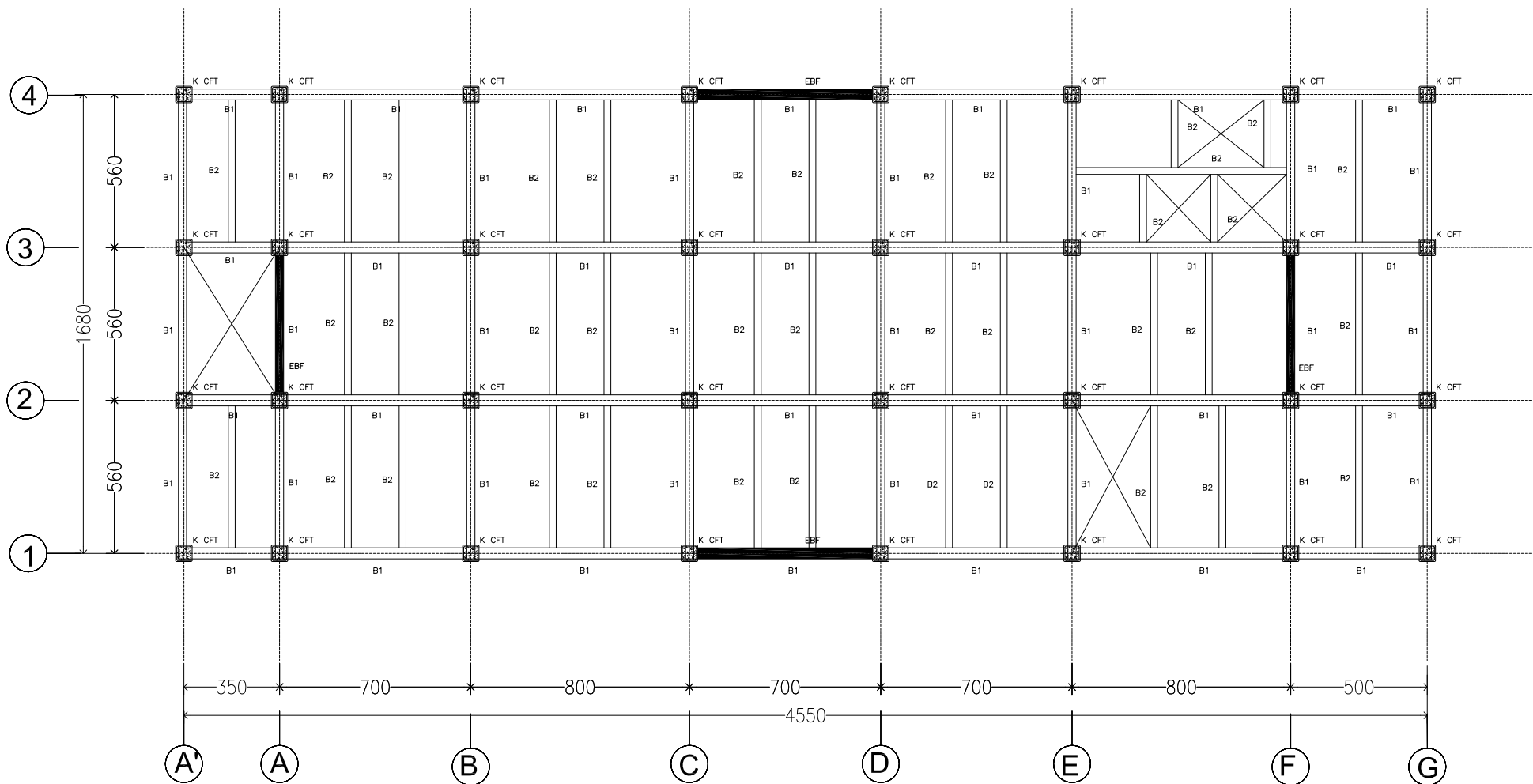
JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. MZ 1B	1:200	3	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR





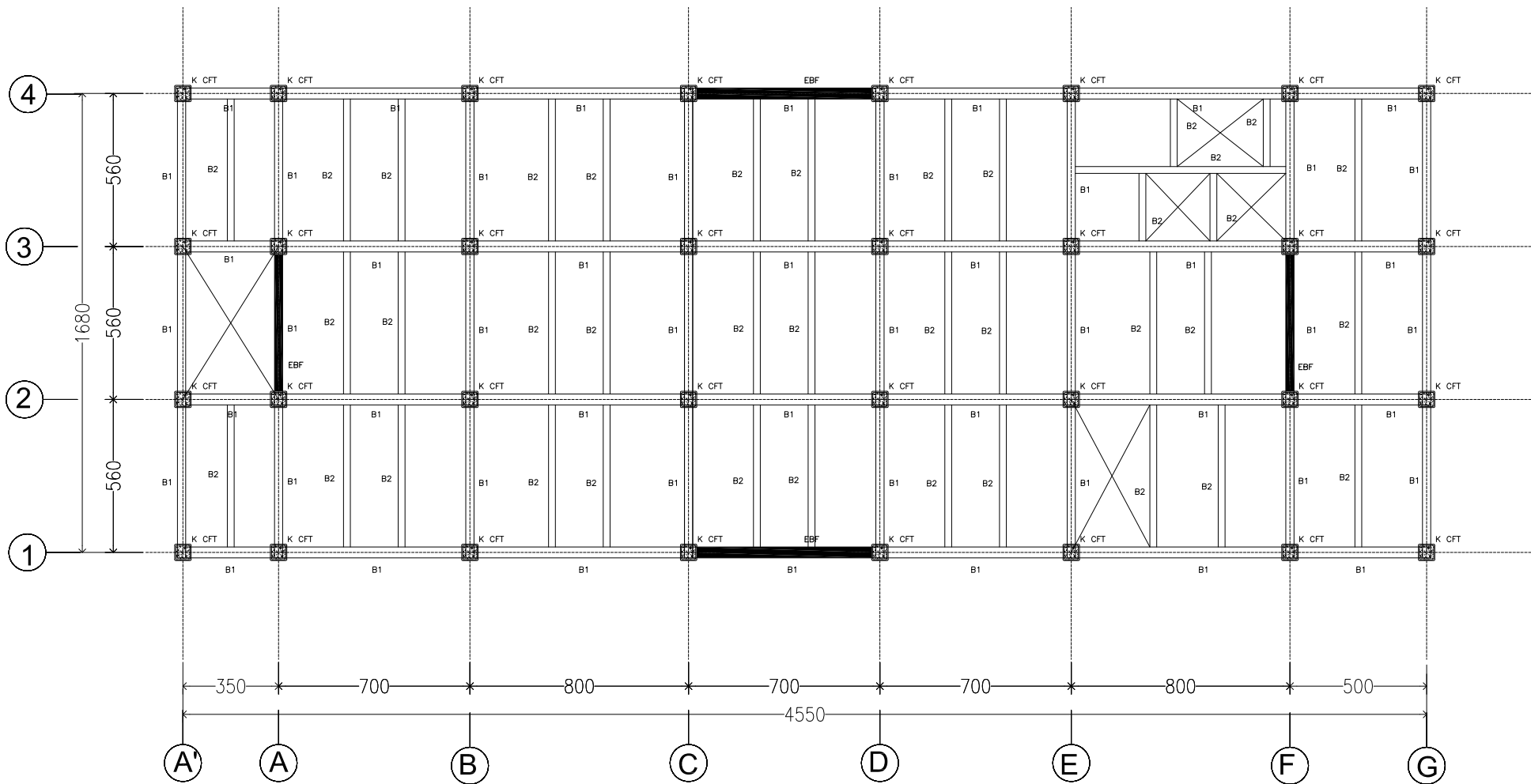
**DENAH BALOK LT. 3**  
 skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. 2	1:150	4	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



### DENAH BALOK LT. 3

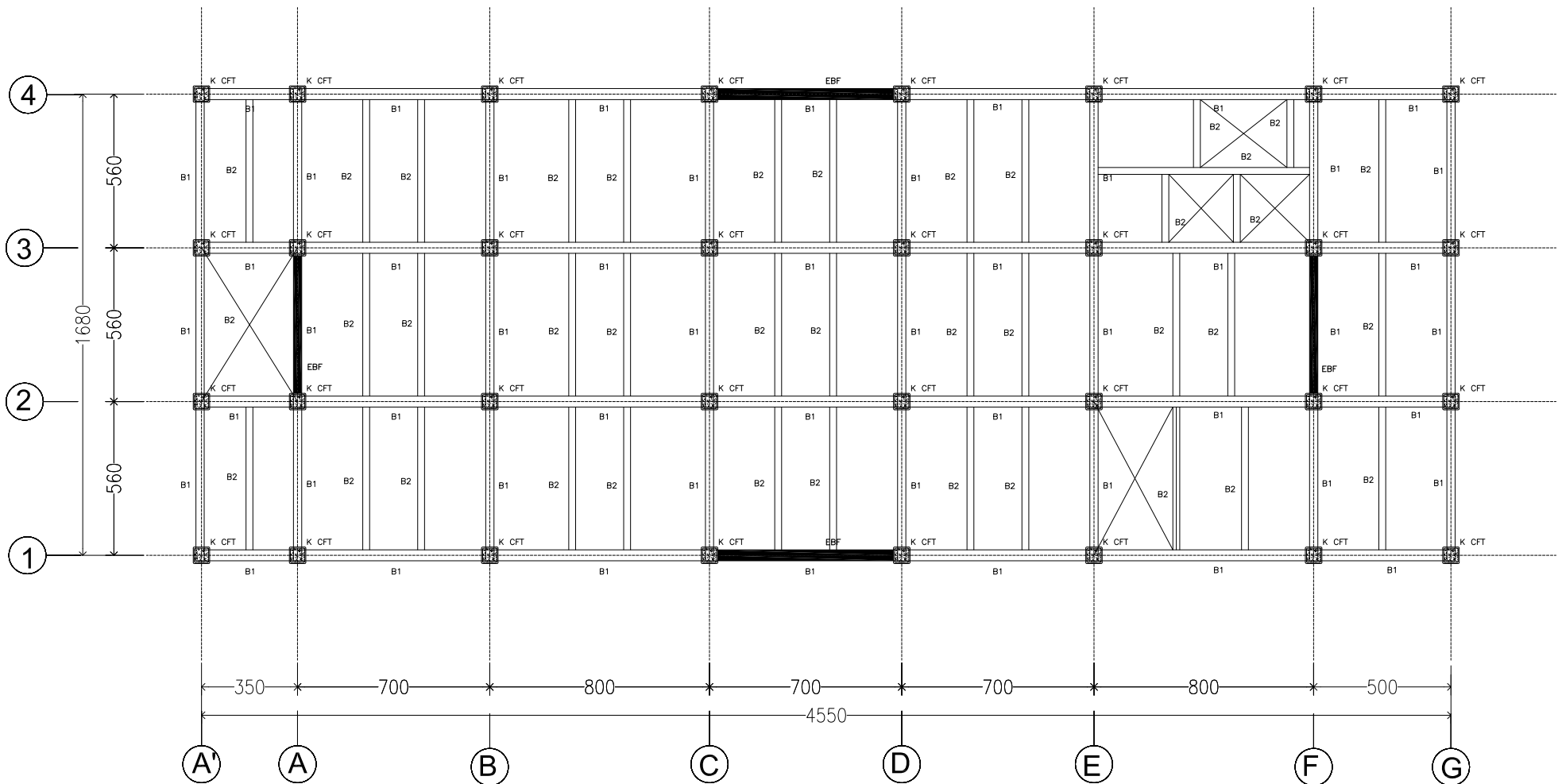
skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. 3	1:150	5	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



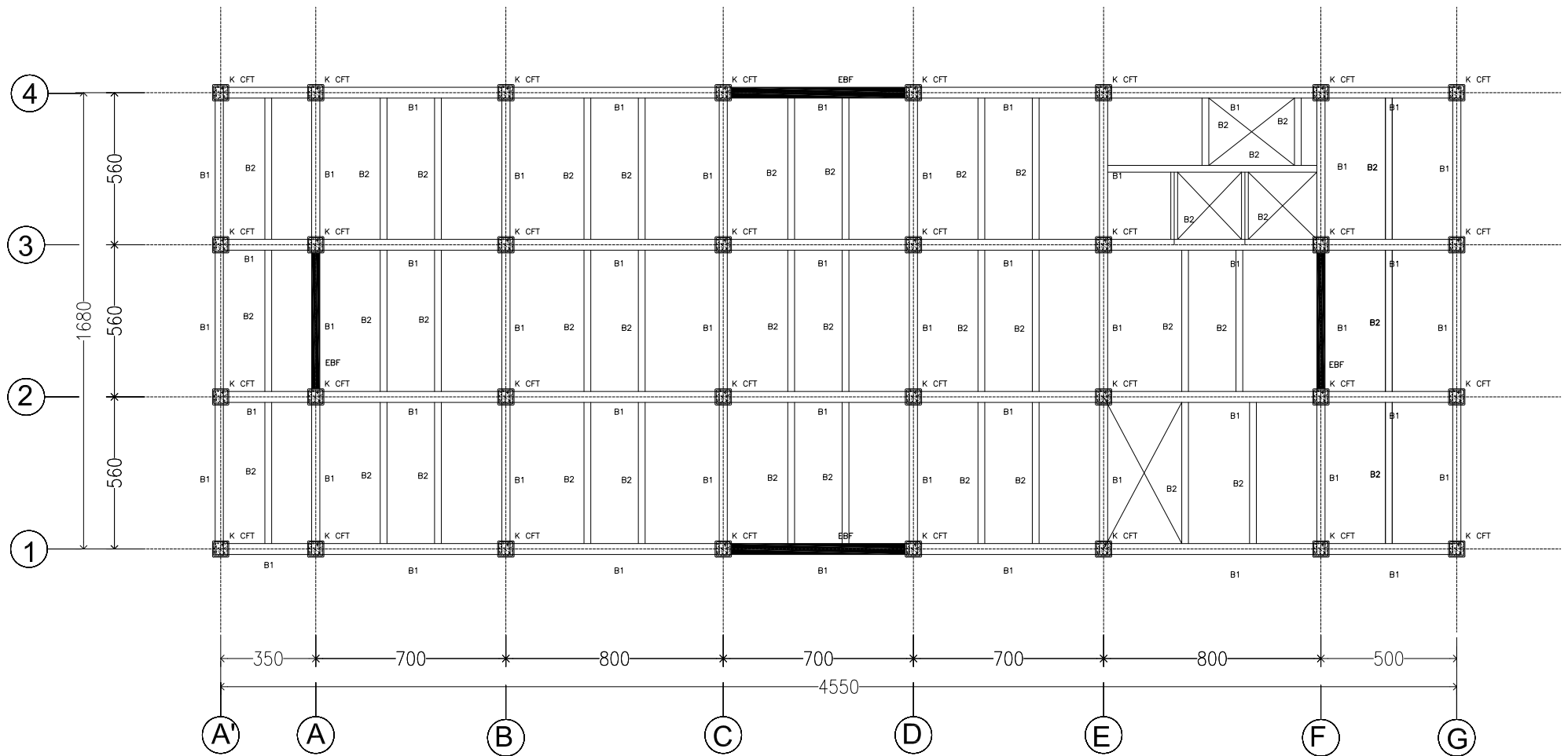
**DENAH BALOK LT. 4 - 14**  
 skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. 4 - 14	1:150	6	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



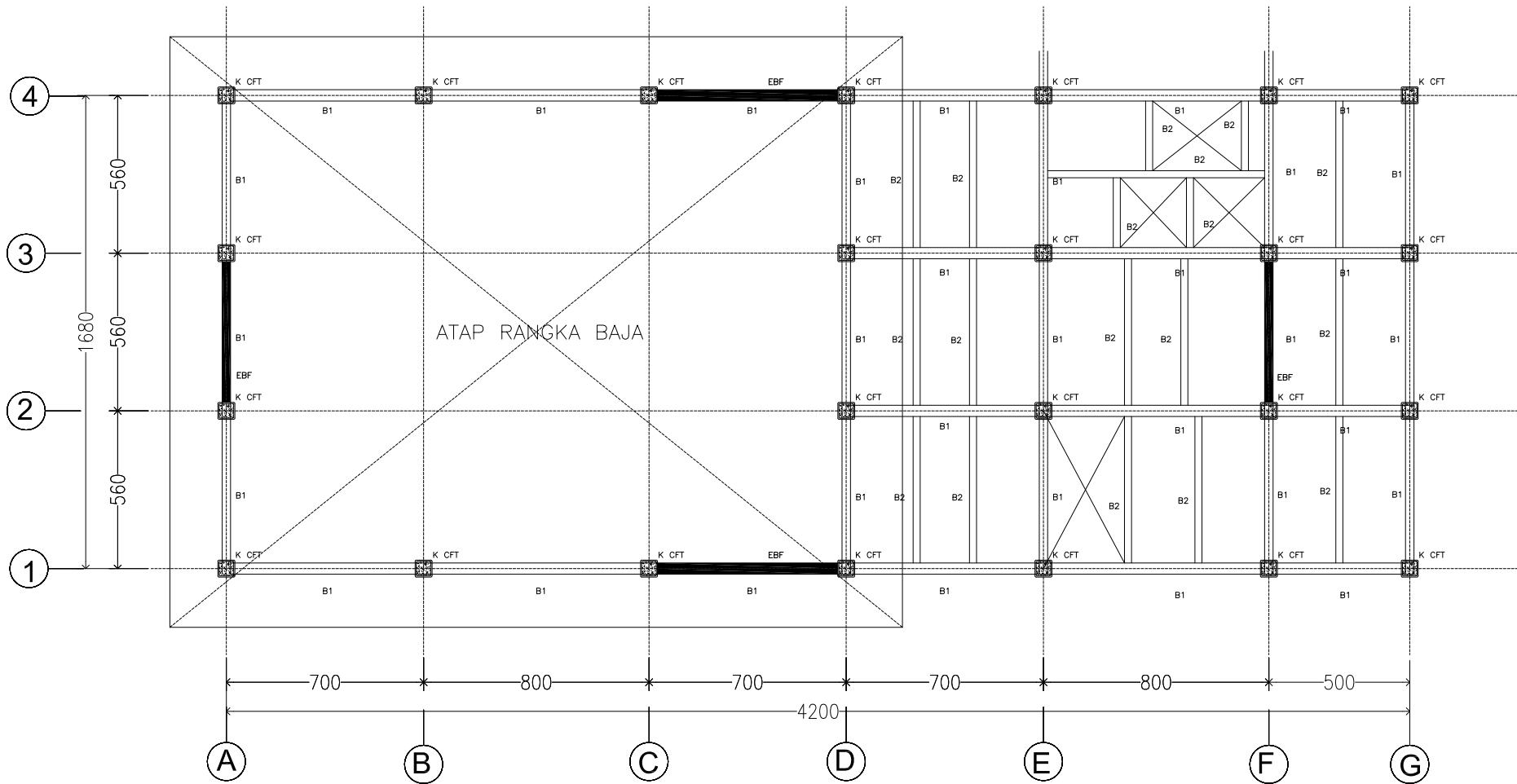
**DENAH BALOK LT. 15**  
 skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. 15	1:150	7	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



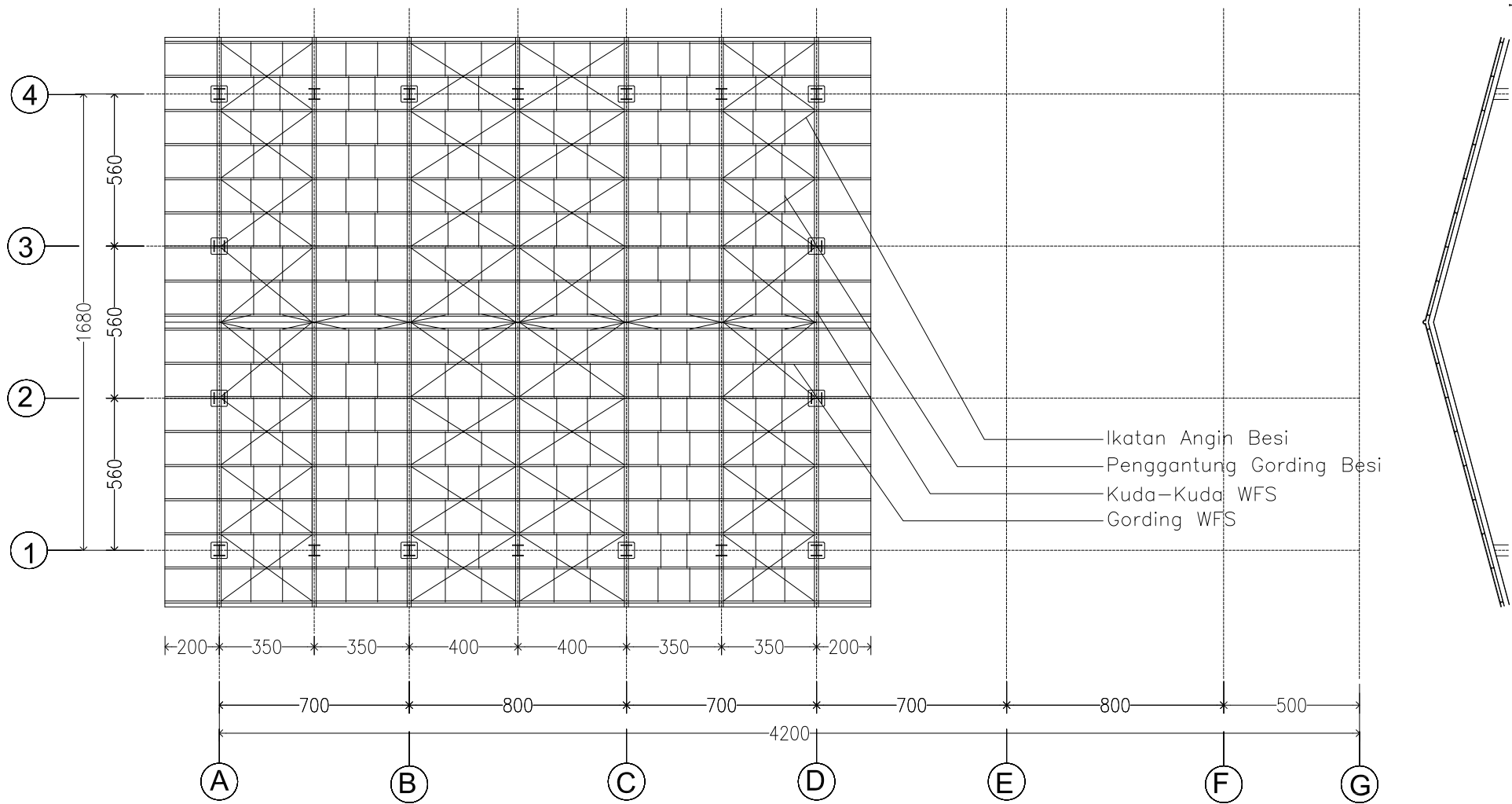
**DENAH BALOK LT. ATAP**  
 skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



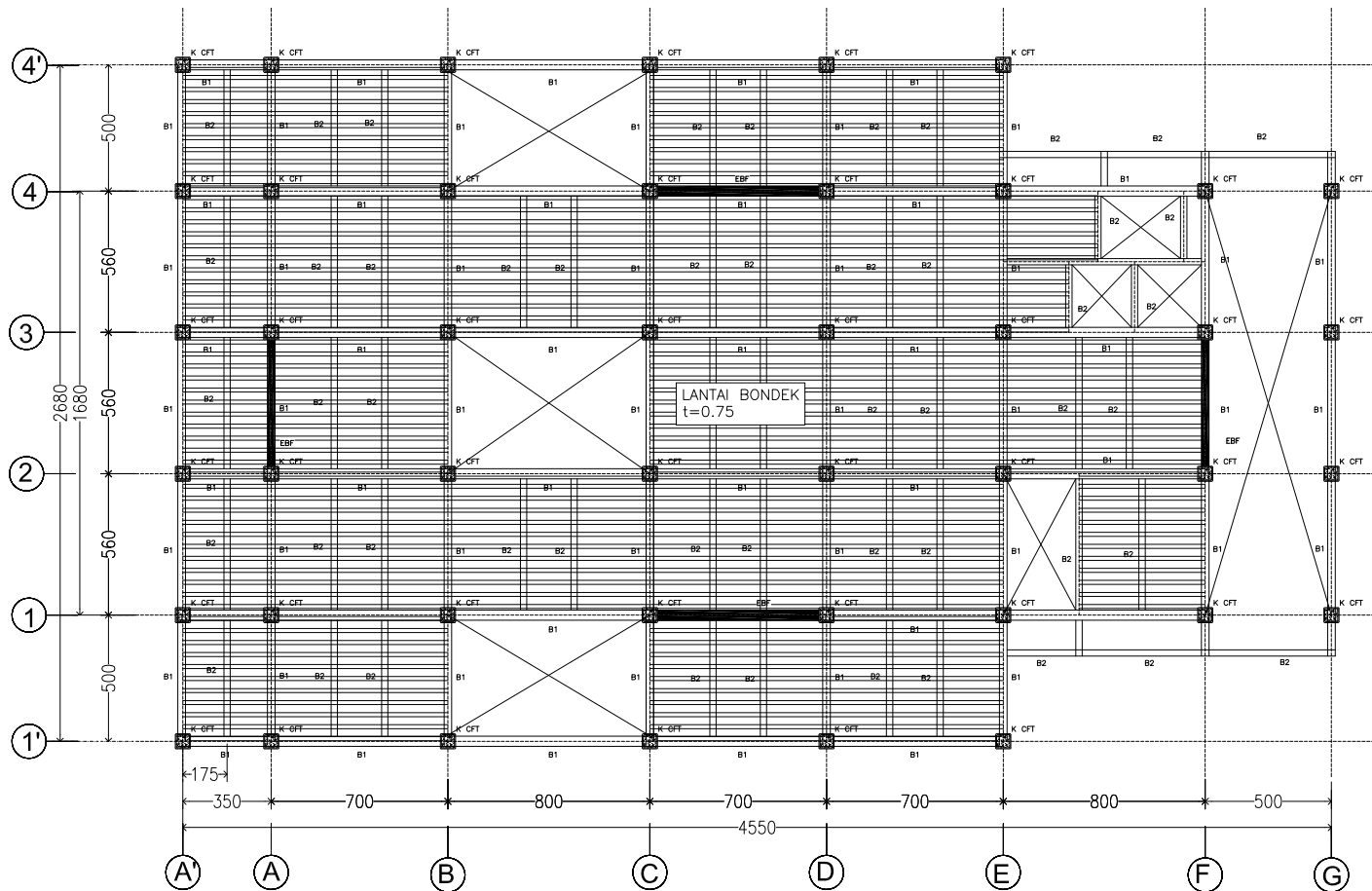
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. ATAP	1:150	8	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



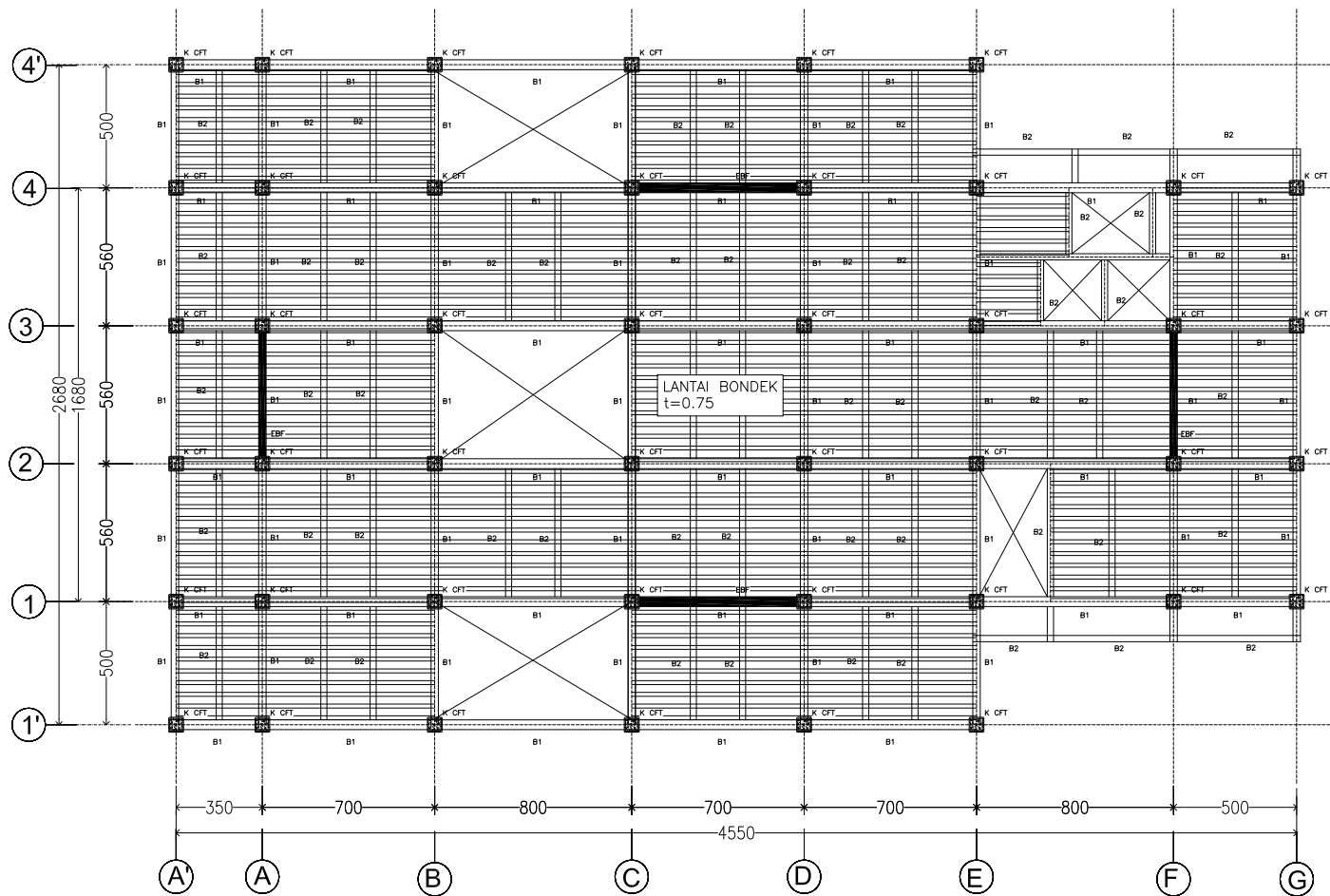
**DENAH RANGKA ATAP BAJA**  
skala 1 : 150

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH RANGKA ATAP BAJA	1:200	9	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



**DENAH PELAT BONDEK LT. MZ 1**  
 skala 1 : 200

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1.DENAH PELAT BONDEK LT. MZ 1	1:200	10	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



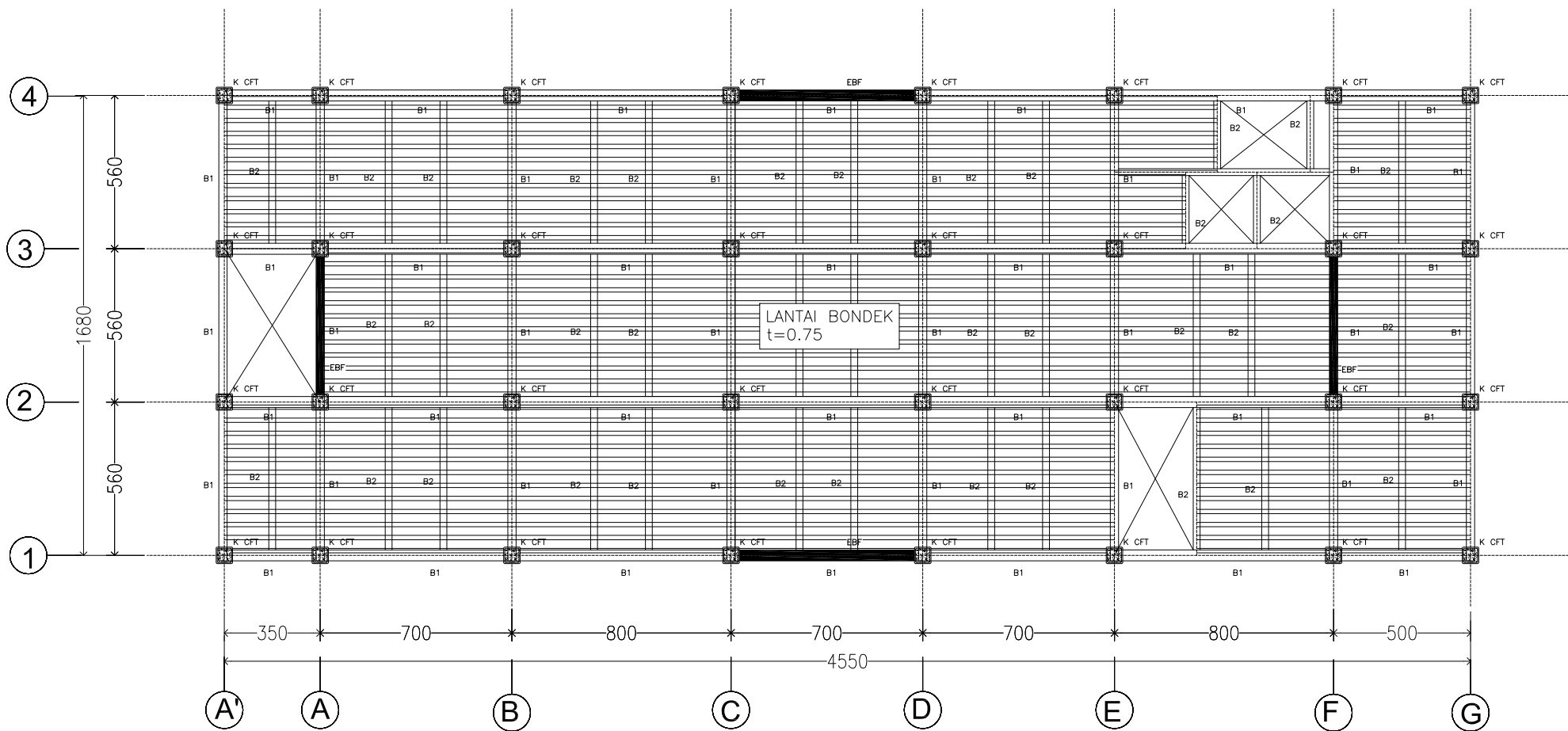
**DENAH PELAT BONDEK LT. MZ 1a - 1b**  
 skala 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1.DENAH PELAT BONDEK LT. MZ 1a-1b	1:200	11	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



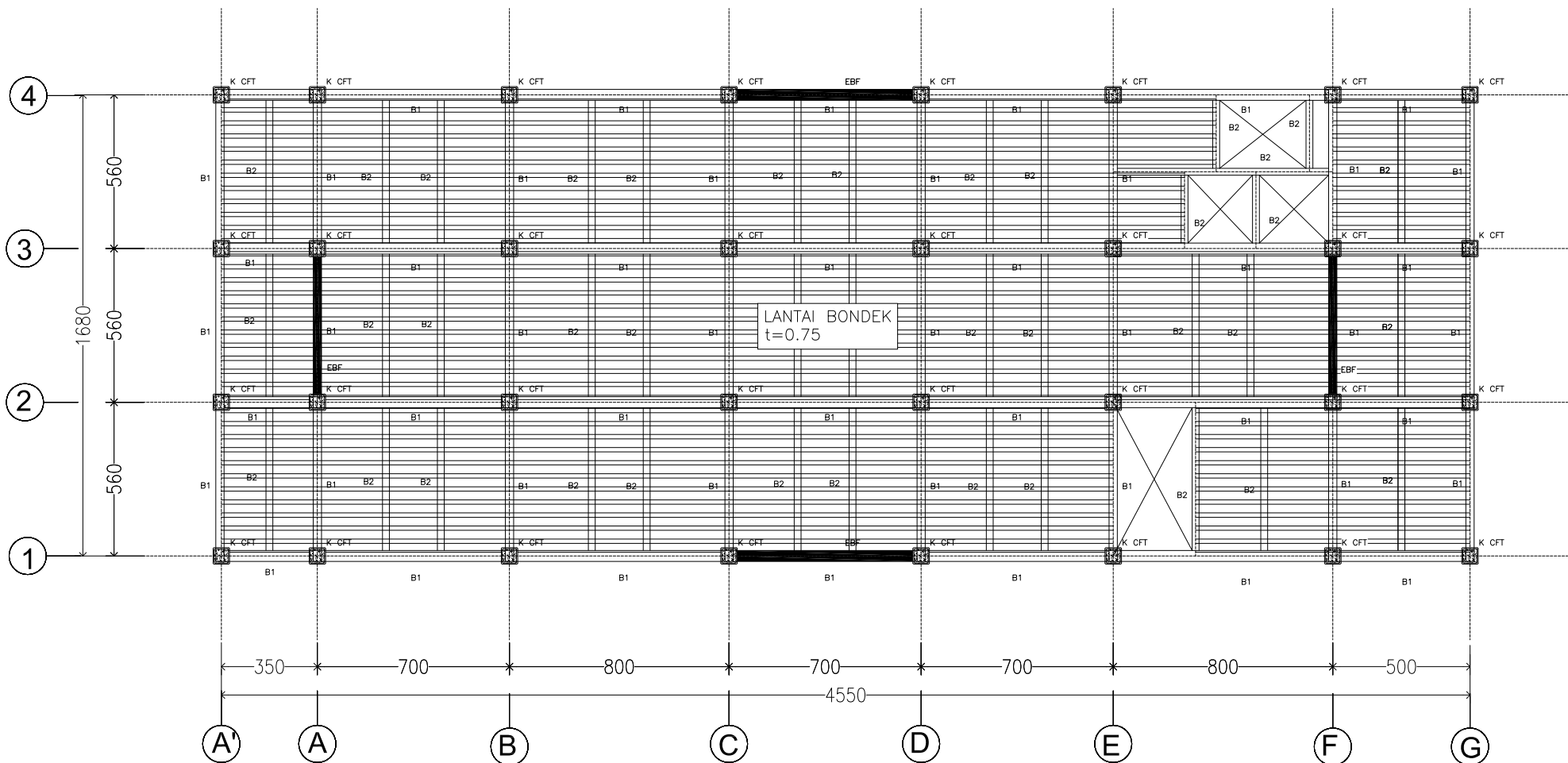


**DENAH PELAT BONDEK LT. 2 - 14**  
 skala 1 : 150



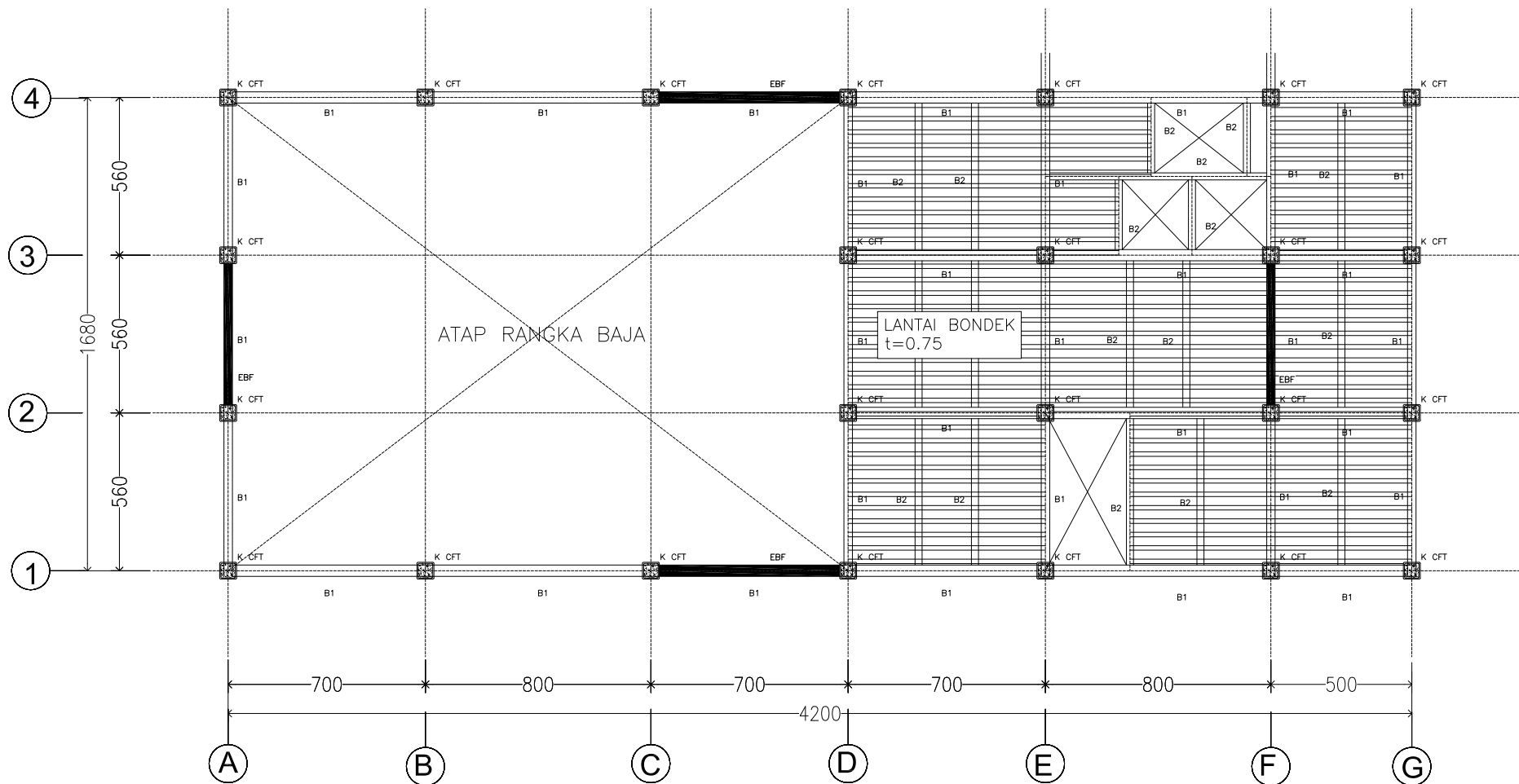
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1.DENAH PELAT BONDEK LT 2-14	1:150	12	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



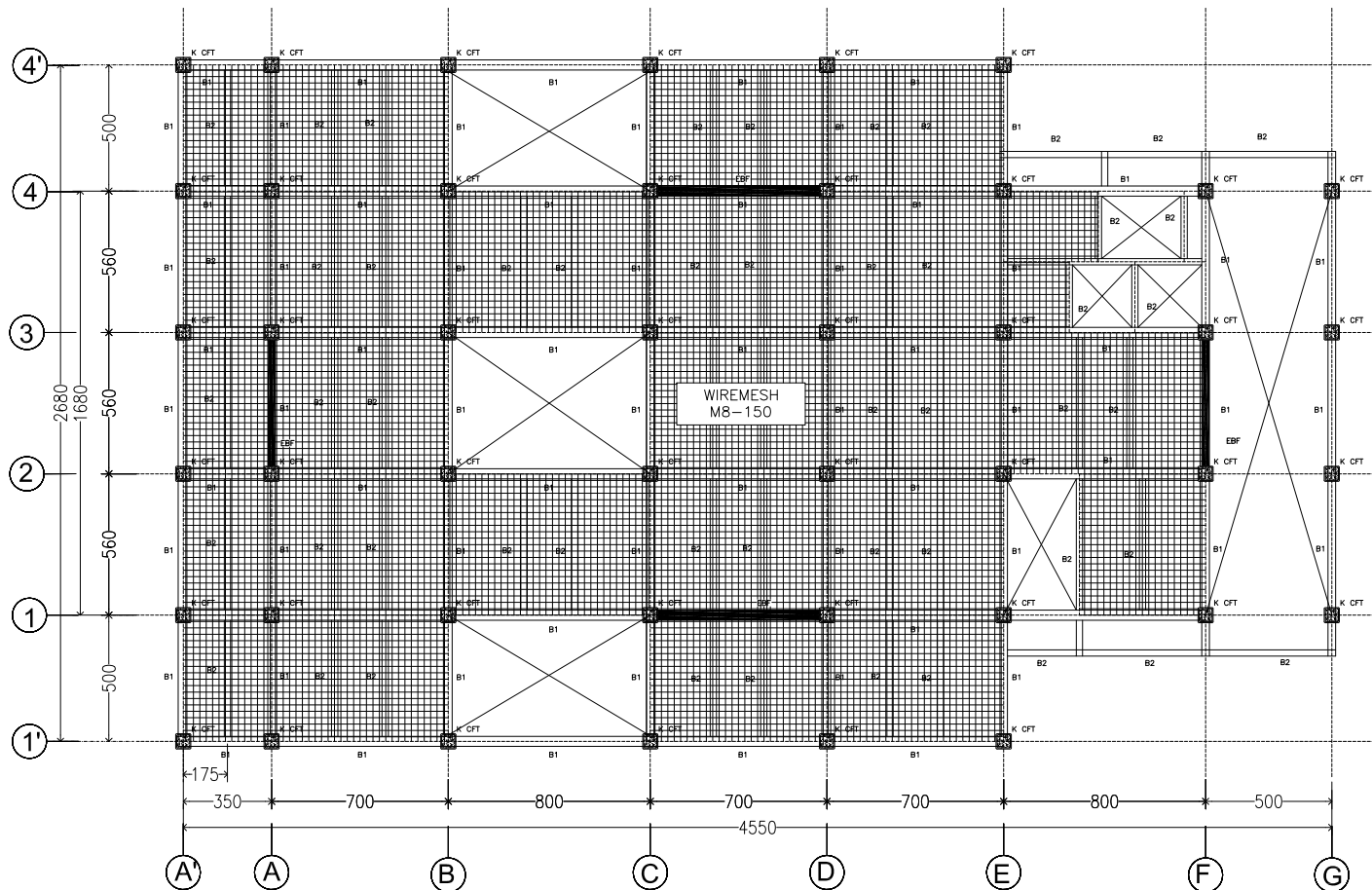
**DENAH PELAT BONDEK LT. 15**  
 skala 1 : 150

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PELAT BONDEK LT. 15	1:150	13		FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



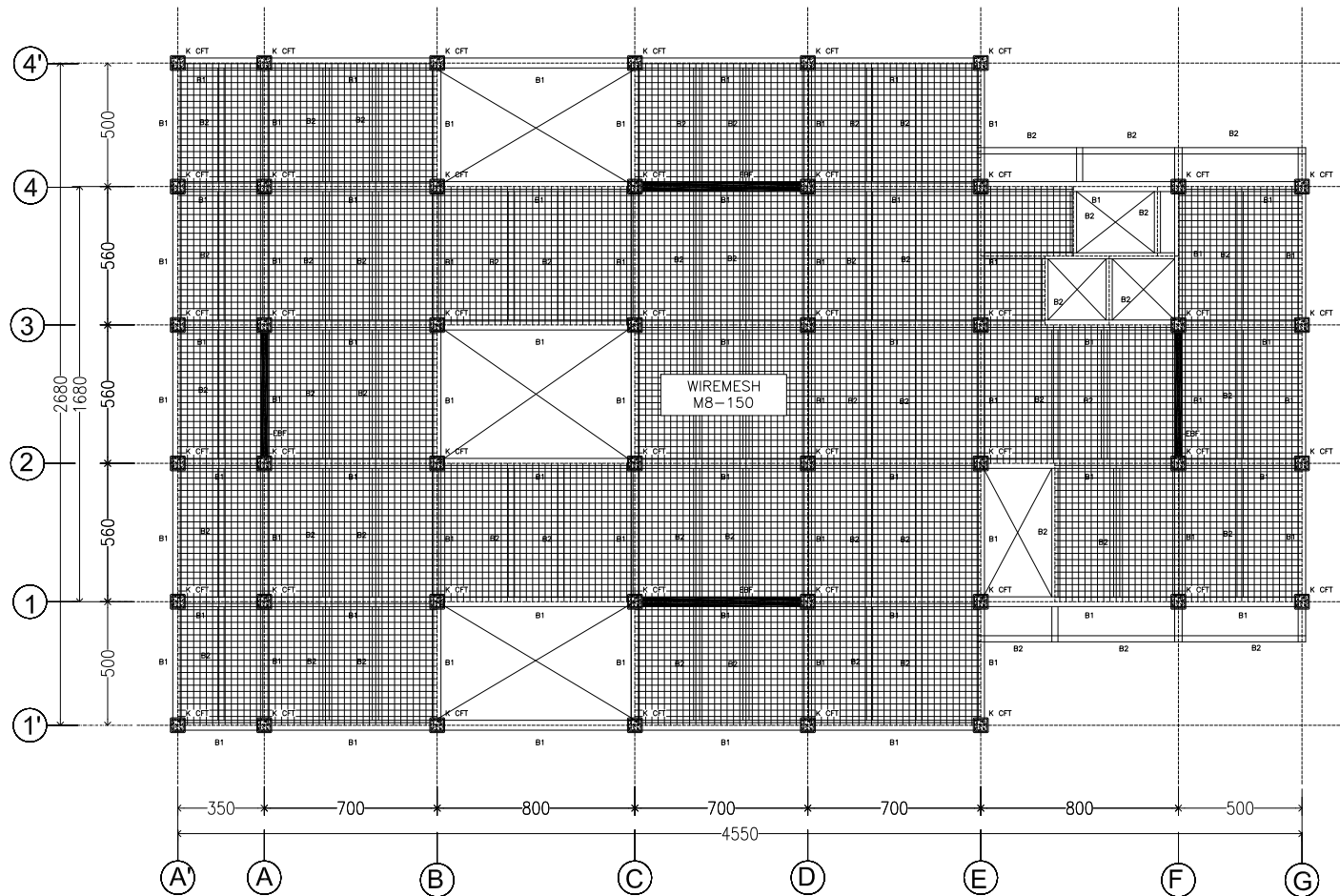
**DENAH PELAT BONDEK LT. ATAP**  
 skala 1 : 150

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1.DENAH PELAT BONDEK LT. ATAP	1:150	14	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



**DENAH PENULANGAN PELAT LT. MZ 1**  
 skala 1 : 200

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. MZ 1	1:150	15	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

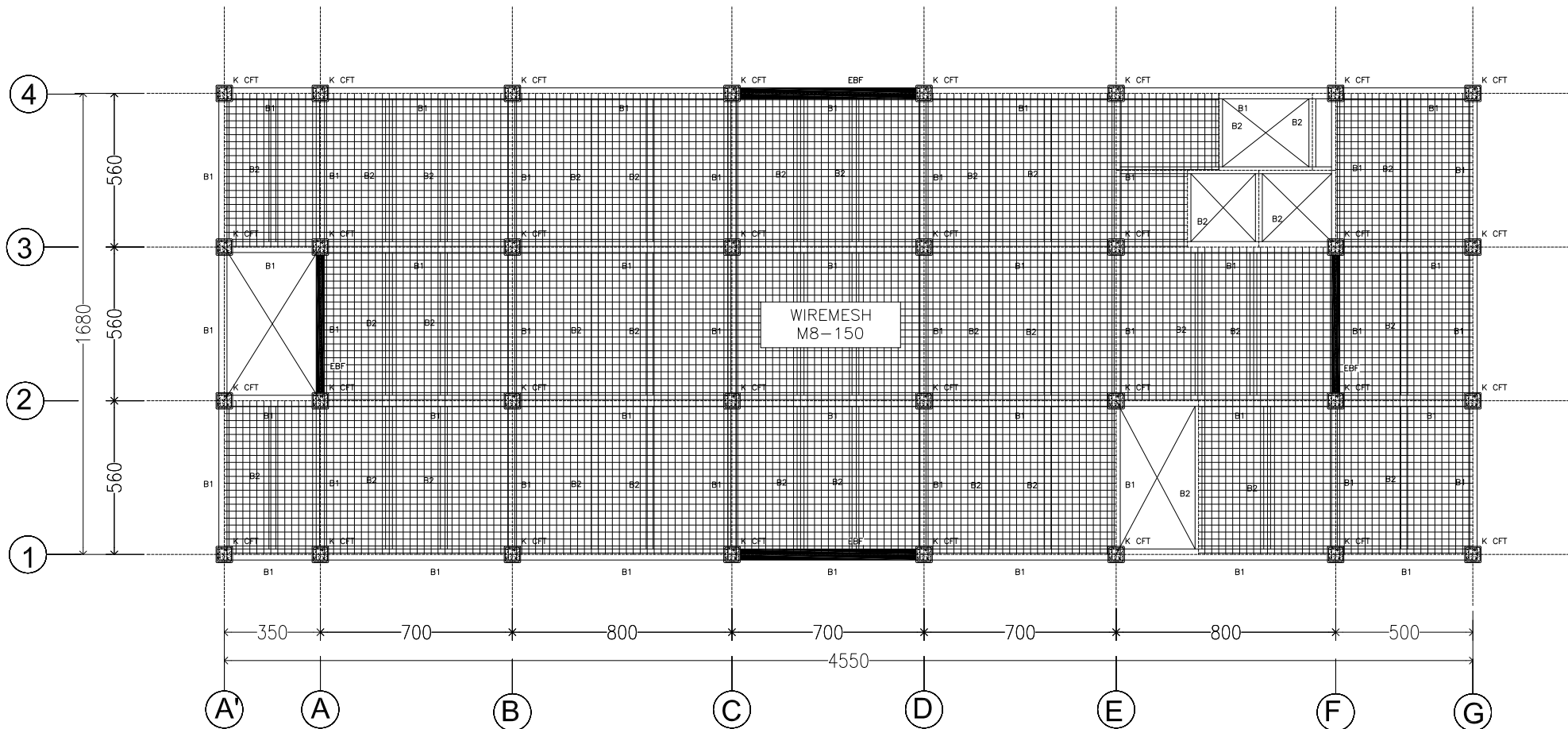


**DENAH PENULANGAN PELAT LT. MZ 1a - 1b**  
 skala 1 : 200



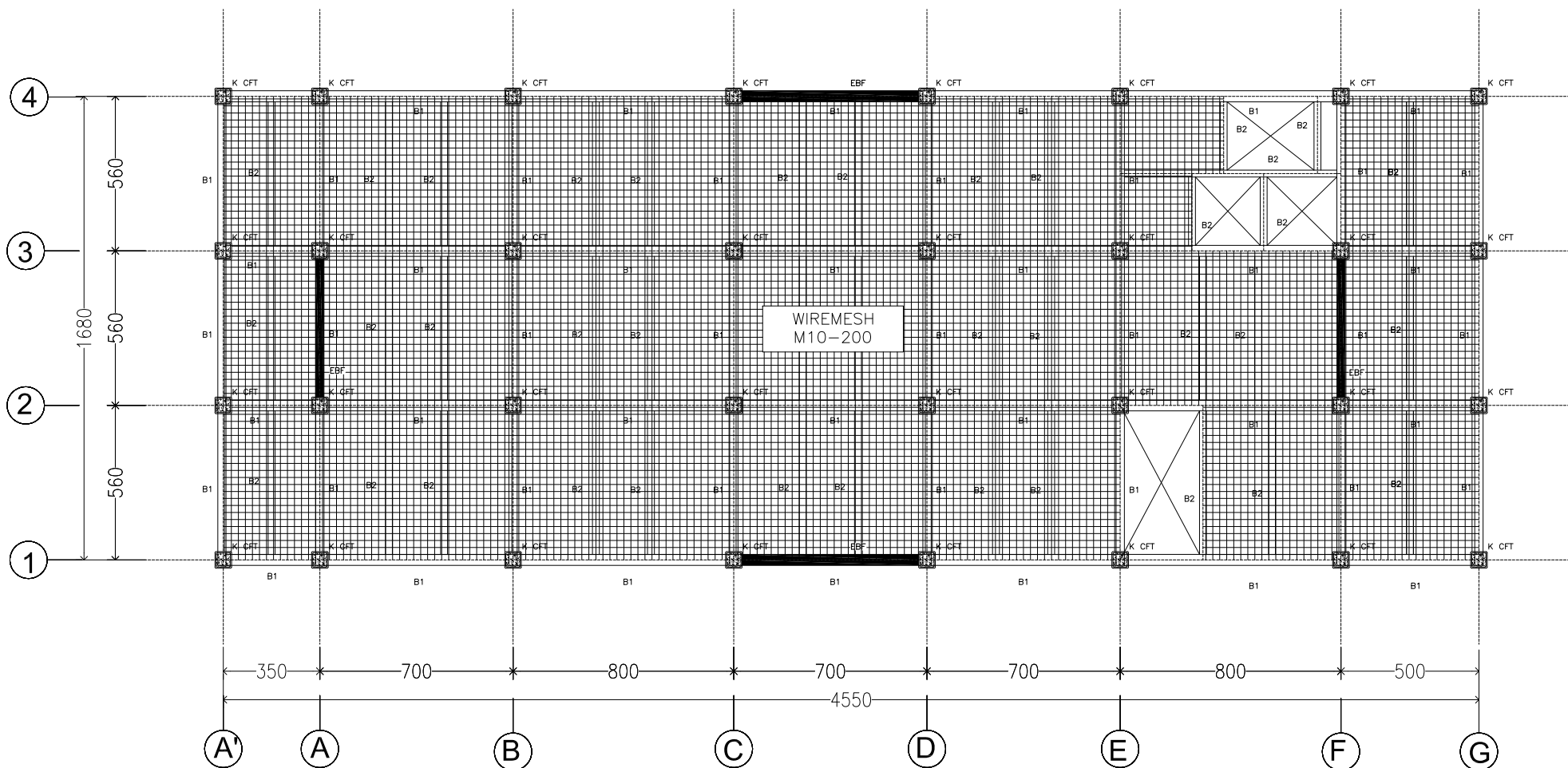
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. MZ 1a-1b	1:200	16	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



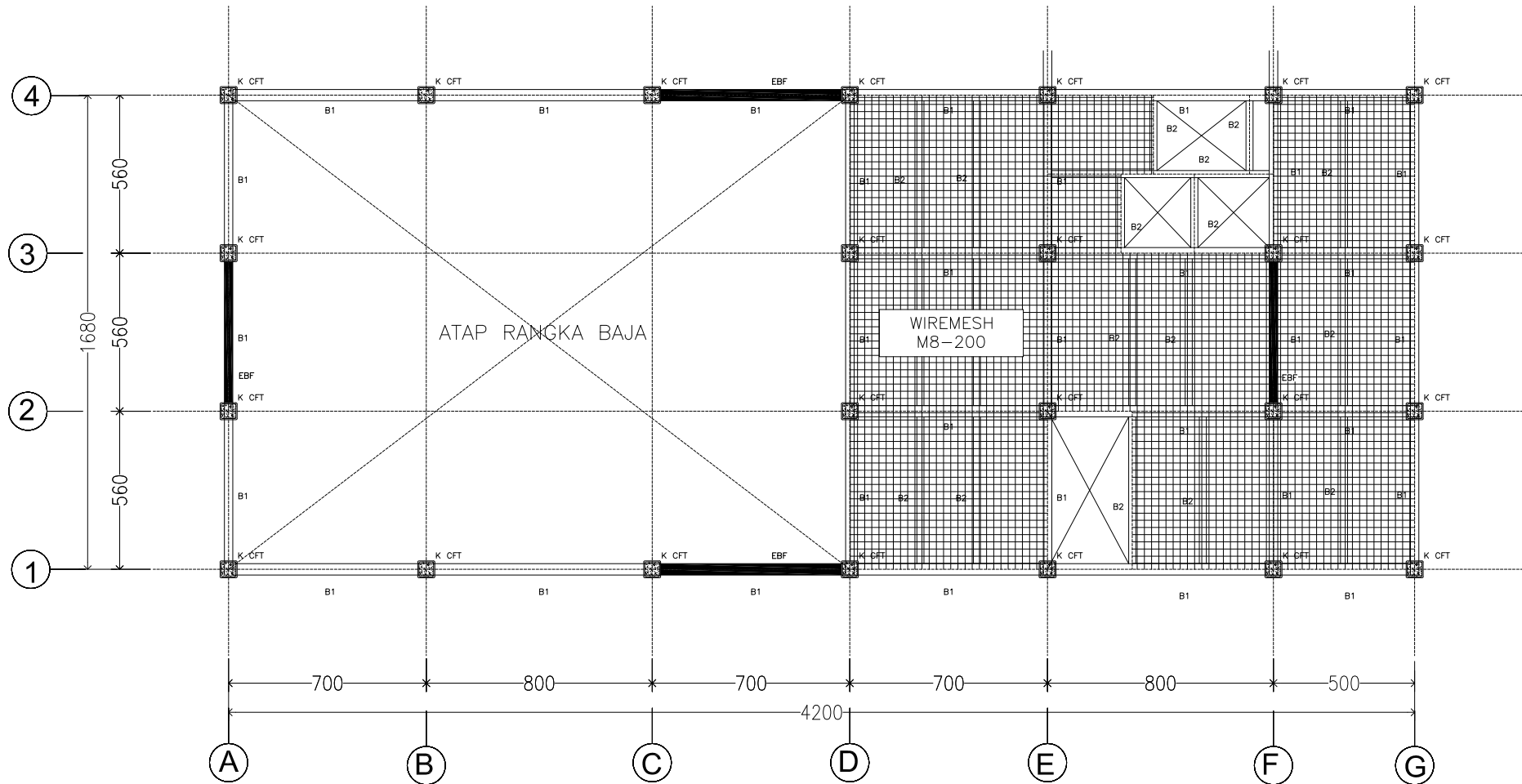
**DENAH PENULANGAN PELAT LT. 2 - 3**  
 skala 1 : 150

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. 2-3	1:200	17	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



**DENAH PENULANGAN PELAT LT. 4 -15**  
 skala 1 : 150

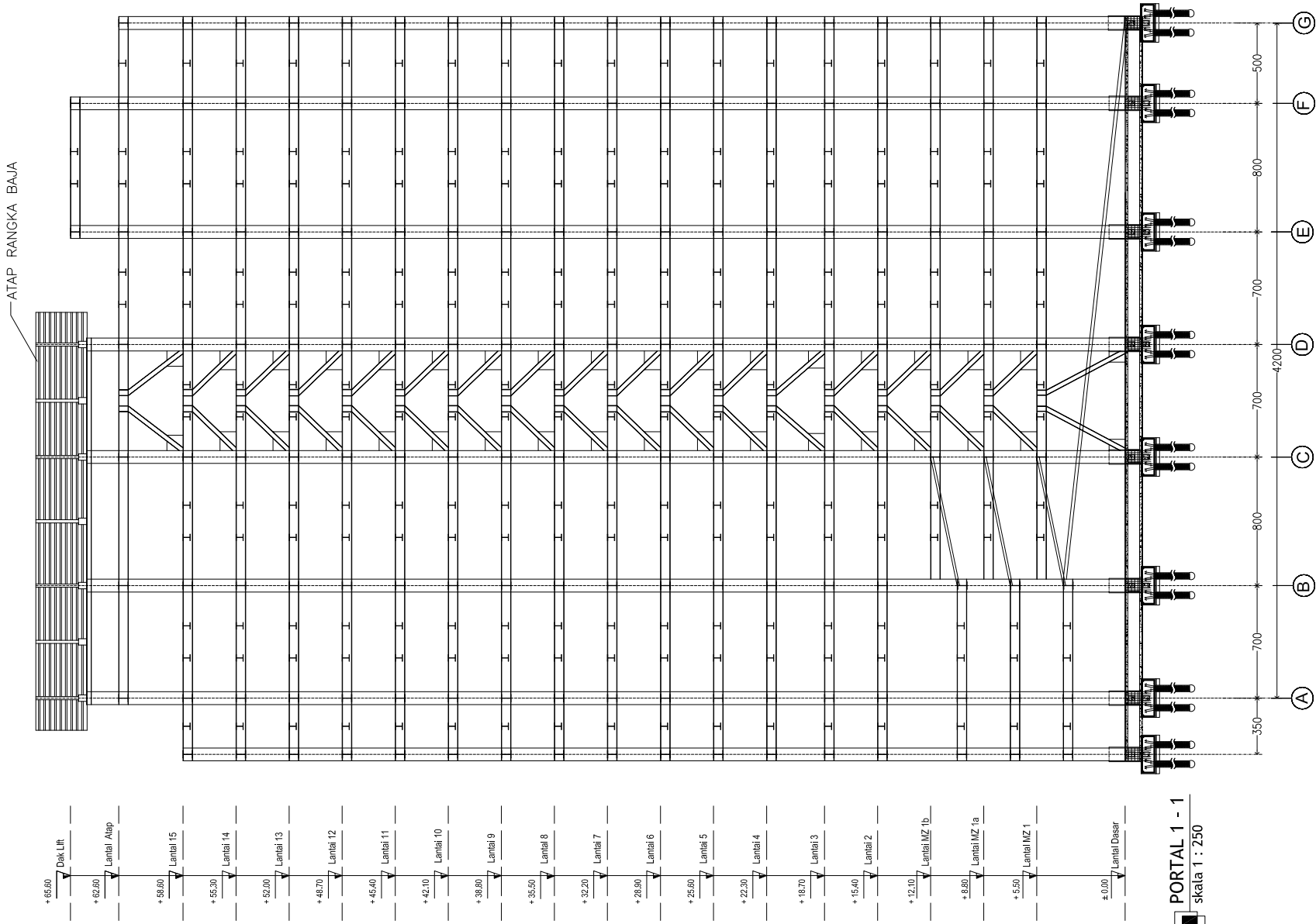
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. 4-15	1:200	18	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR




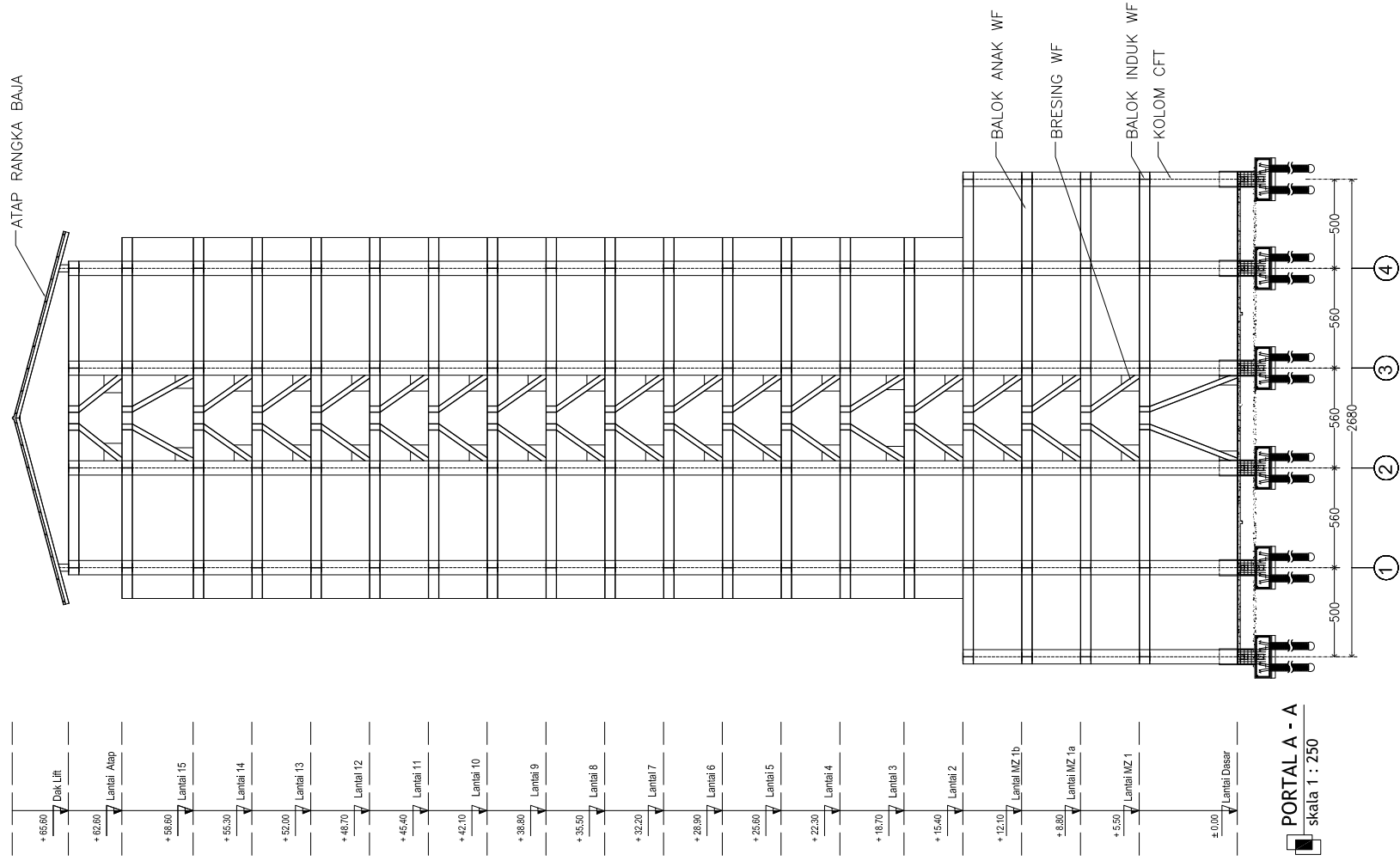
**DENAH PENULANGAN PELAT LT. ATAP**  
 skala 1 : 150

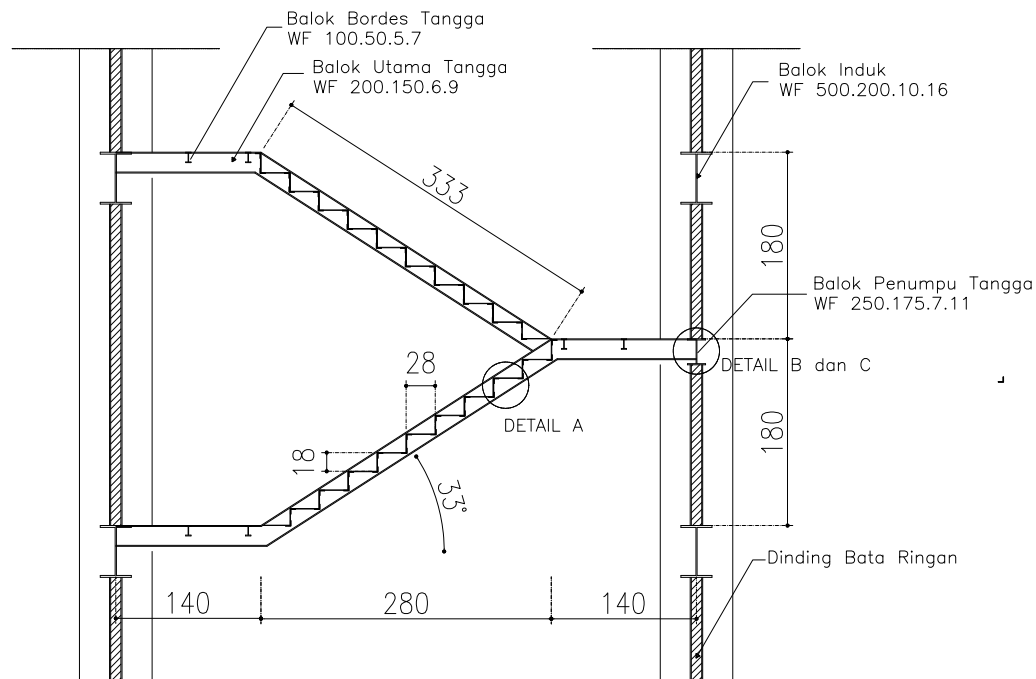
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. ATAP	1:200	19	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



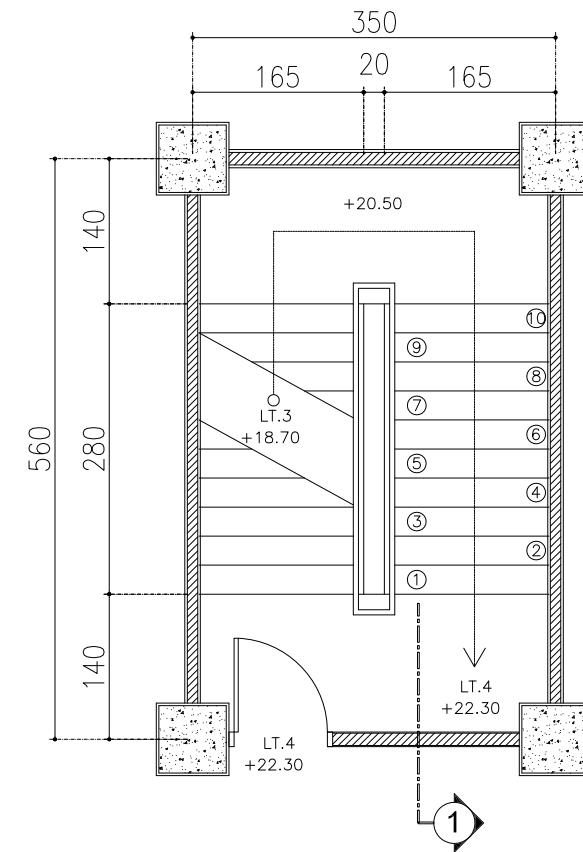


 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2014			NAMA GAMBAR 1. POTONGAN A – A	SKALA 1 : 250	NO 20	JUMLAH 34	NAMA MAHASISWA FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012





**POTONGAN 1**  
skala 1 : 50



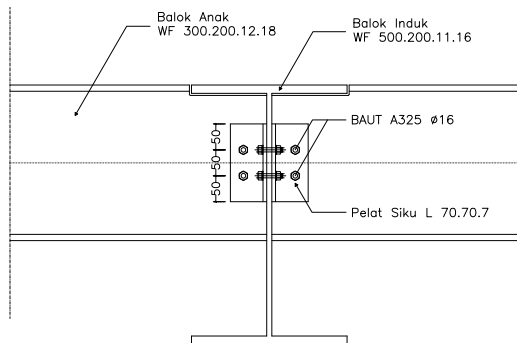
**DENAH TANGGA**  
skala 1 : 50



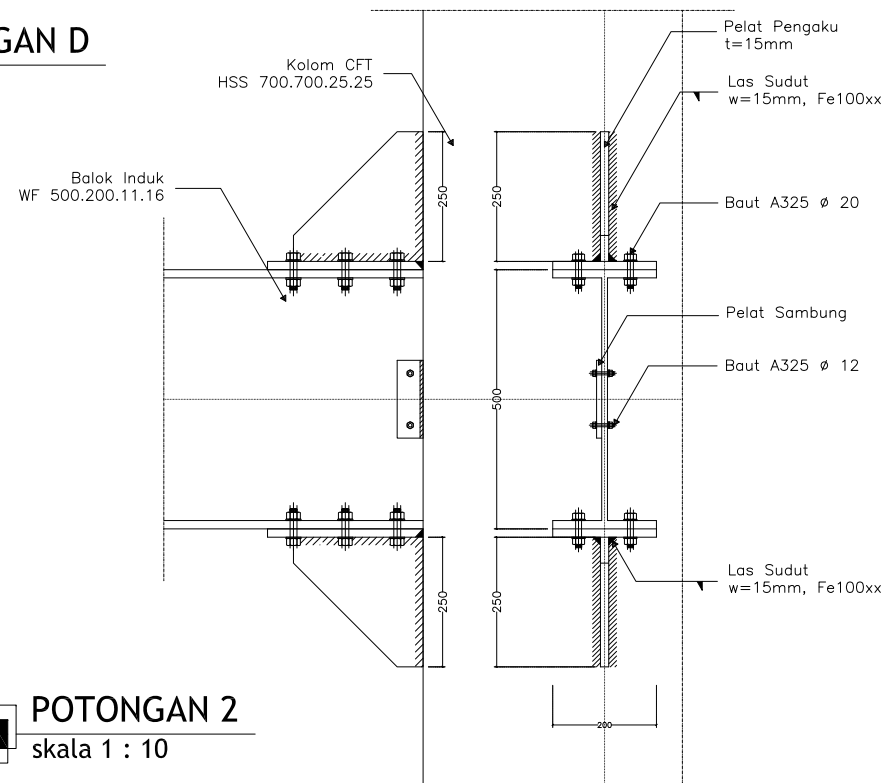
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH TANGGA 2. POTONGAN 1	1:50	22	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR





**DETAIL SAMBUNGAN D**  
skala 1 : 10



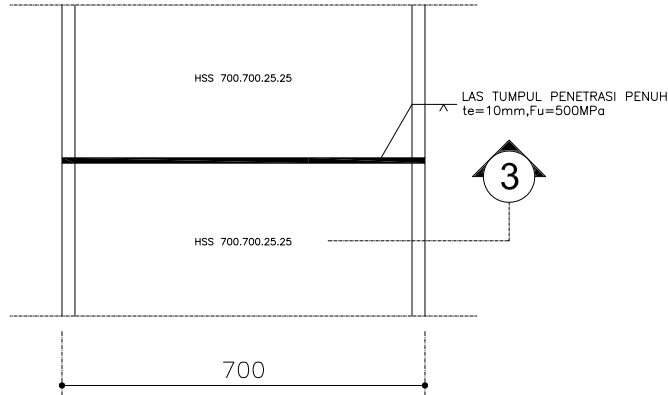
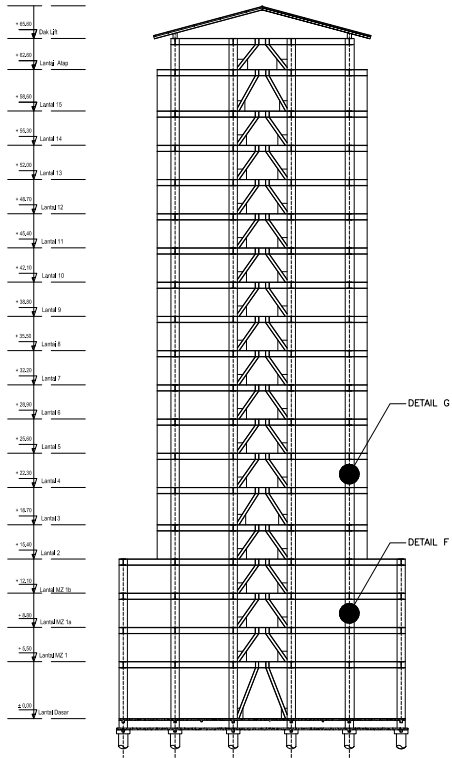
**DETAIL SAMBUNGAN E**  
skala 1 : 10

**POTONGAN 2**  
skala 1 : 10

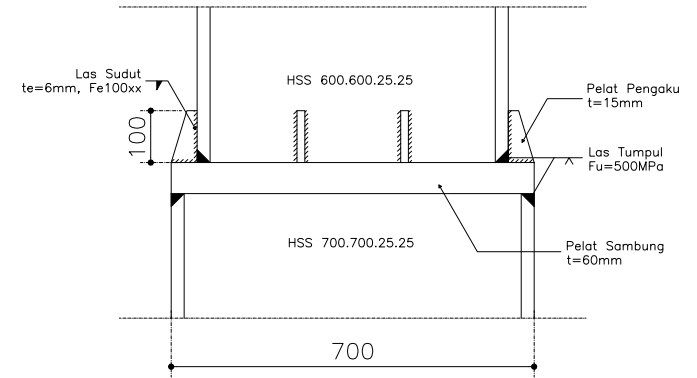


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

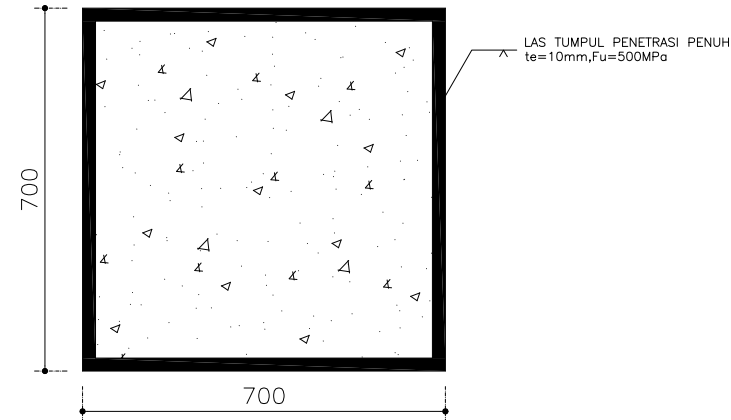
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN D 2. DETAIL SAMBUNGAN E 3. POTONGAN 2	1:10	24	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



**DETAIL SAMBUNGAN F**  
skala 1 : 10



**DETAIL SAMBUNGAN G**  
skala 1 : 10

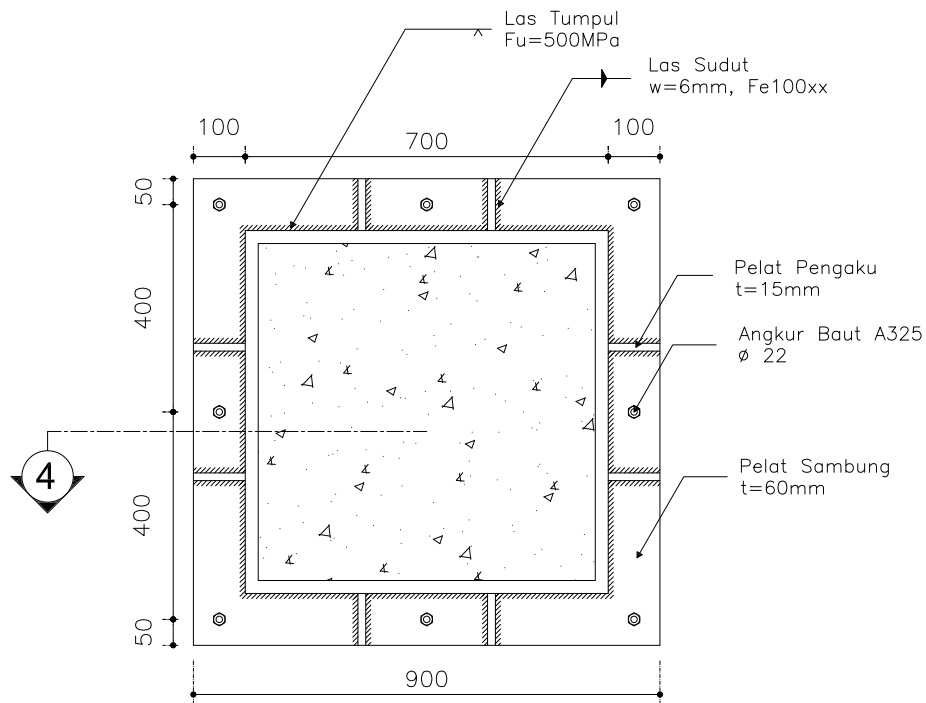


**POTONGAN 3**  
skala 1 : 10

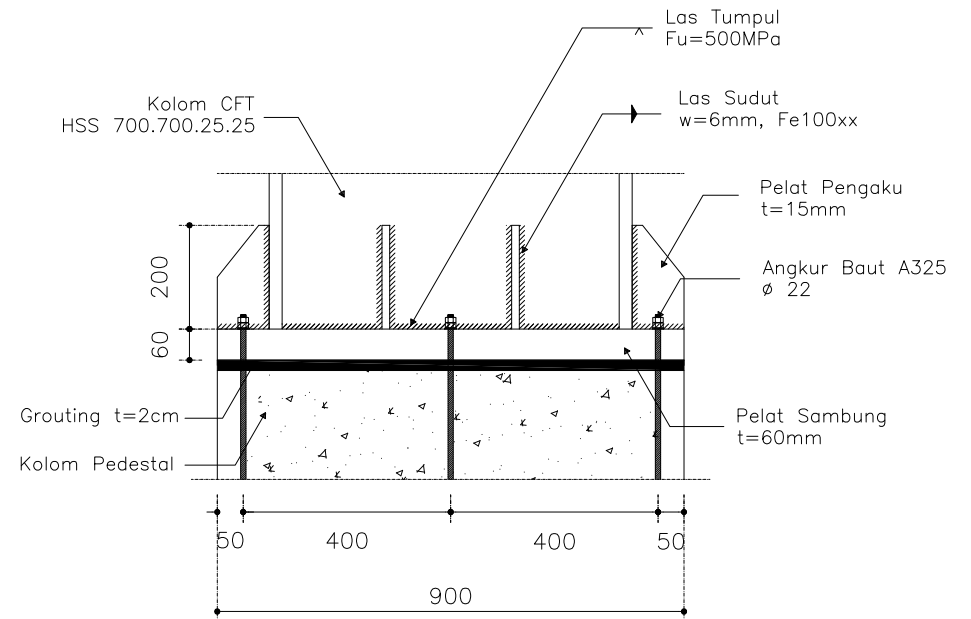


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN F 2. DETAIL SAMBUNGAN G 3. POTONGAN 3	1:10	25	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

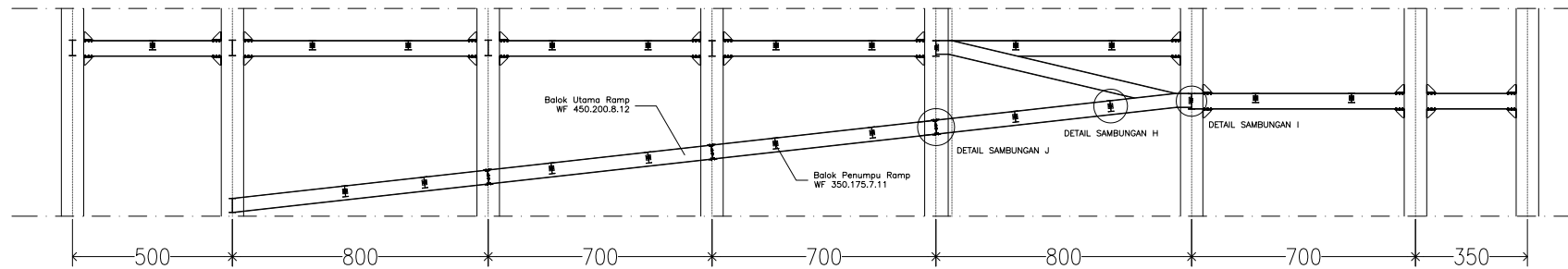


**TAMPAK ATAS BASE PLATE**  
skala 1 : 10

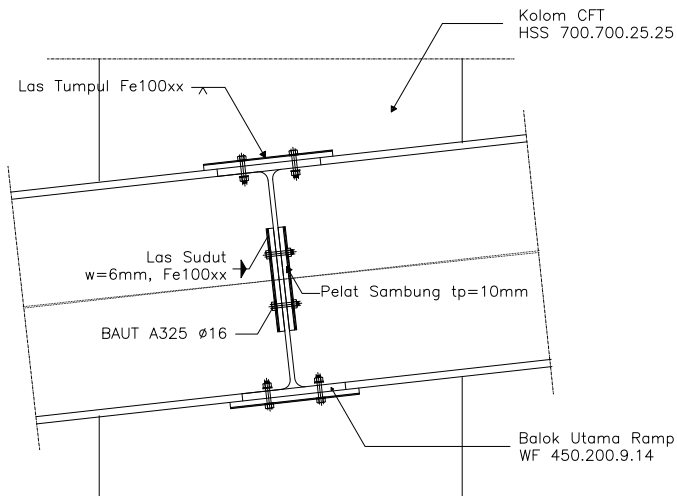


**POTONGAN 4**  
skala 1 : 10

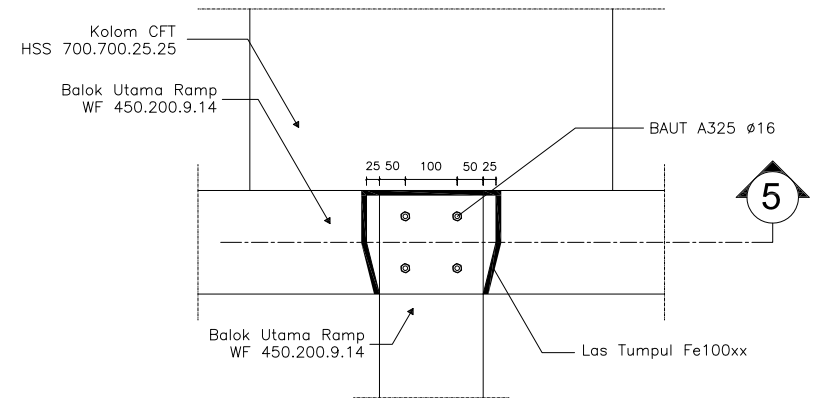
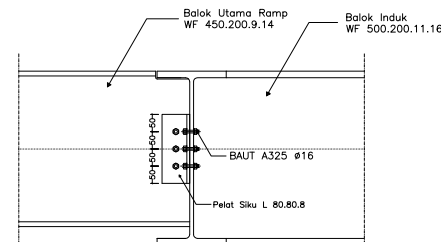
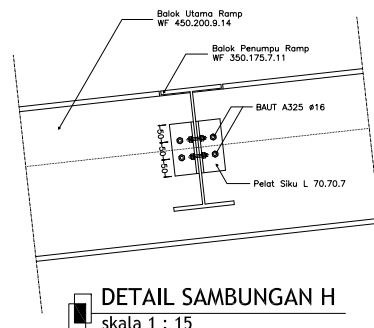
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. TAMPAK ATAS BASE PLATE 2. POTONGAN 4	1:10	26	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



**POTONGAN RAMP**  
skala 1 : 150



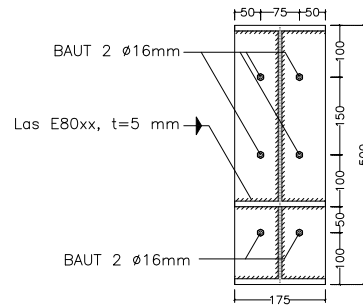
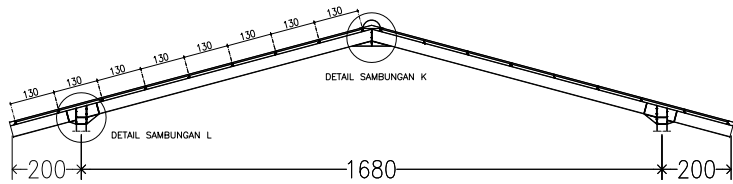
**POTONGAN 5**  
skala 1 : 10



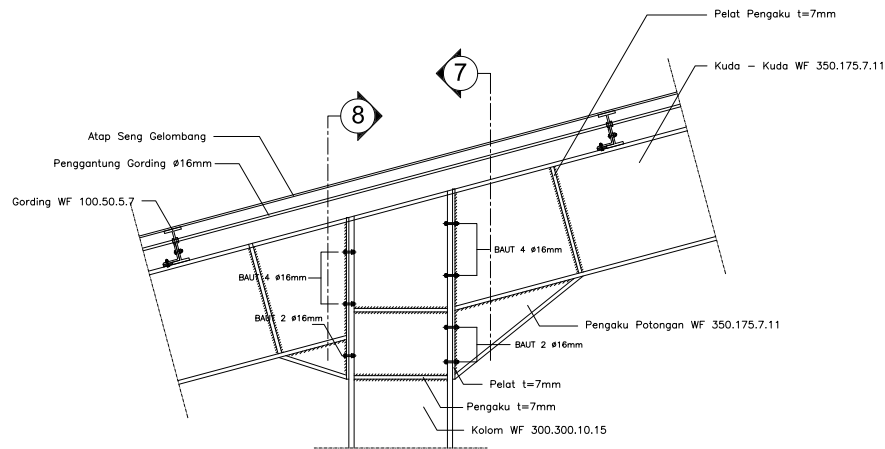
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN H 2. DETAIL SAMBUNGAN I 3. DETAIL SAMBUNGAN J 4. POTONGAN 5 5. POTONGAN RAMP	1 : 10 1 : 10 1 : 10 1 : 10 1 : 150	27	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

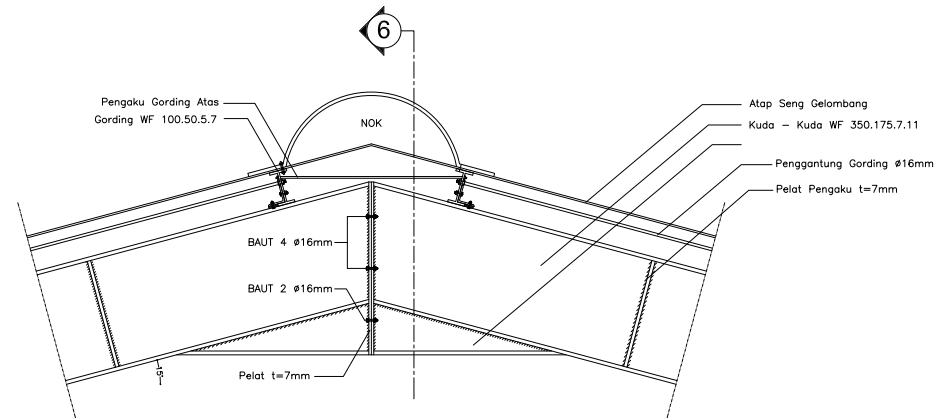




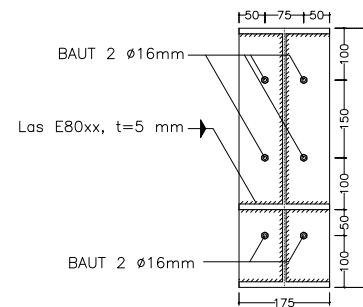
**POTONGAN 6**  
skala 1 : 10



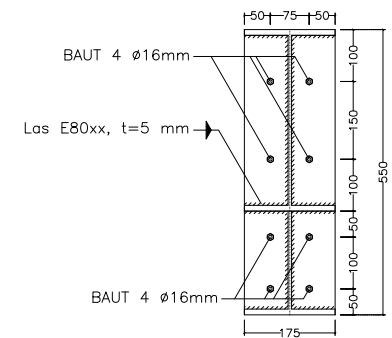
**DETAIL SAMBUNGAN L**  
skala 1 : 15



**DETAIL SAMBUNGAN K**  
skala 1 : 15



**POTONGAN 8**  
skala 1 : 10

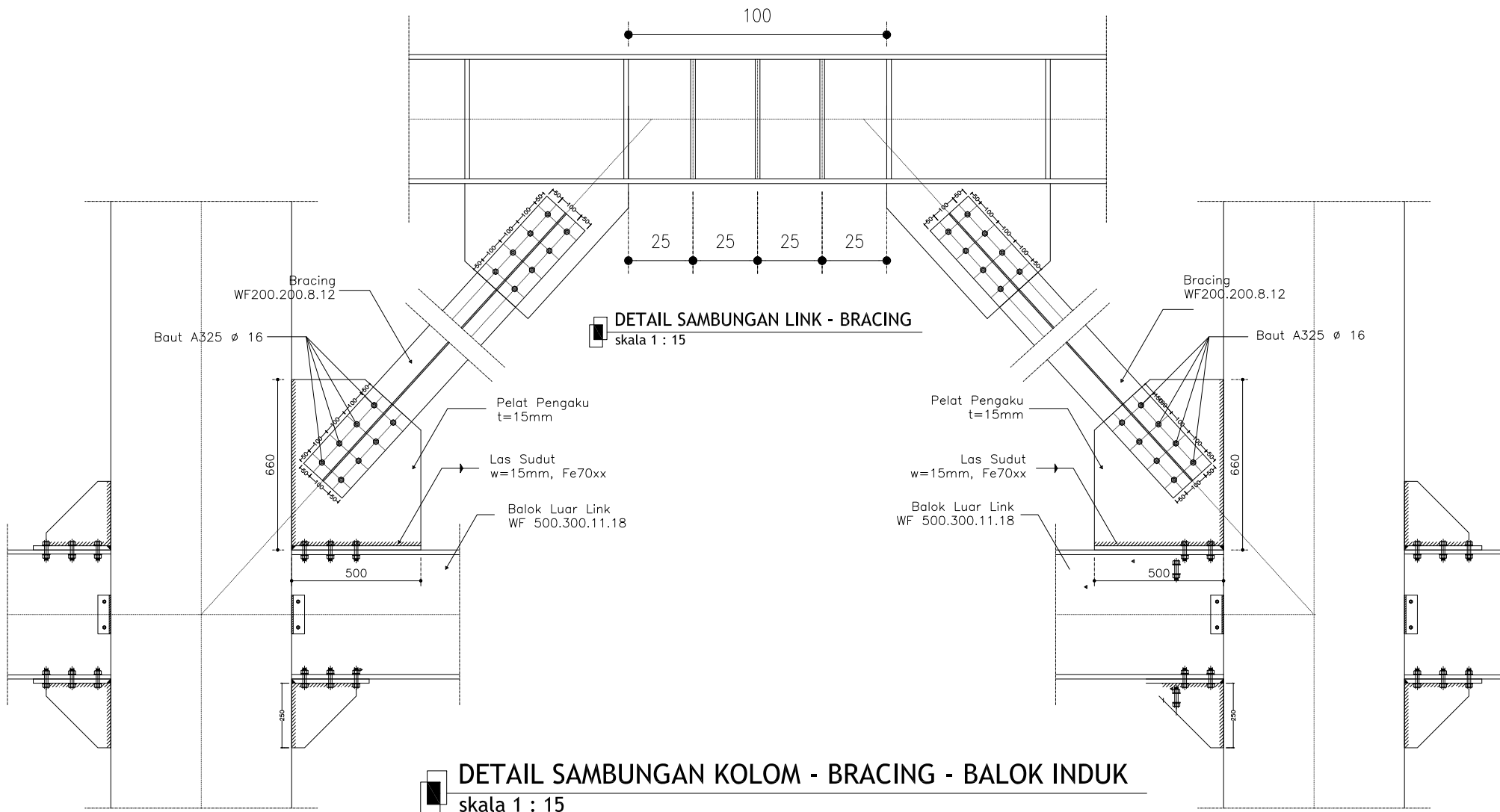


**POTONGAN 7**  
skala 1 : 10

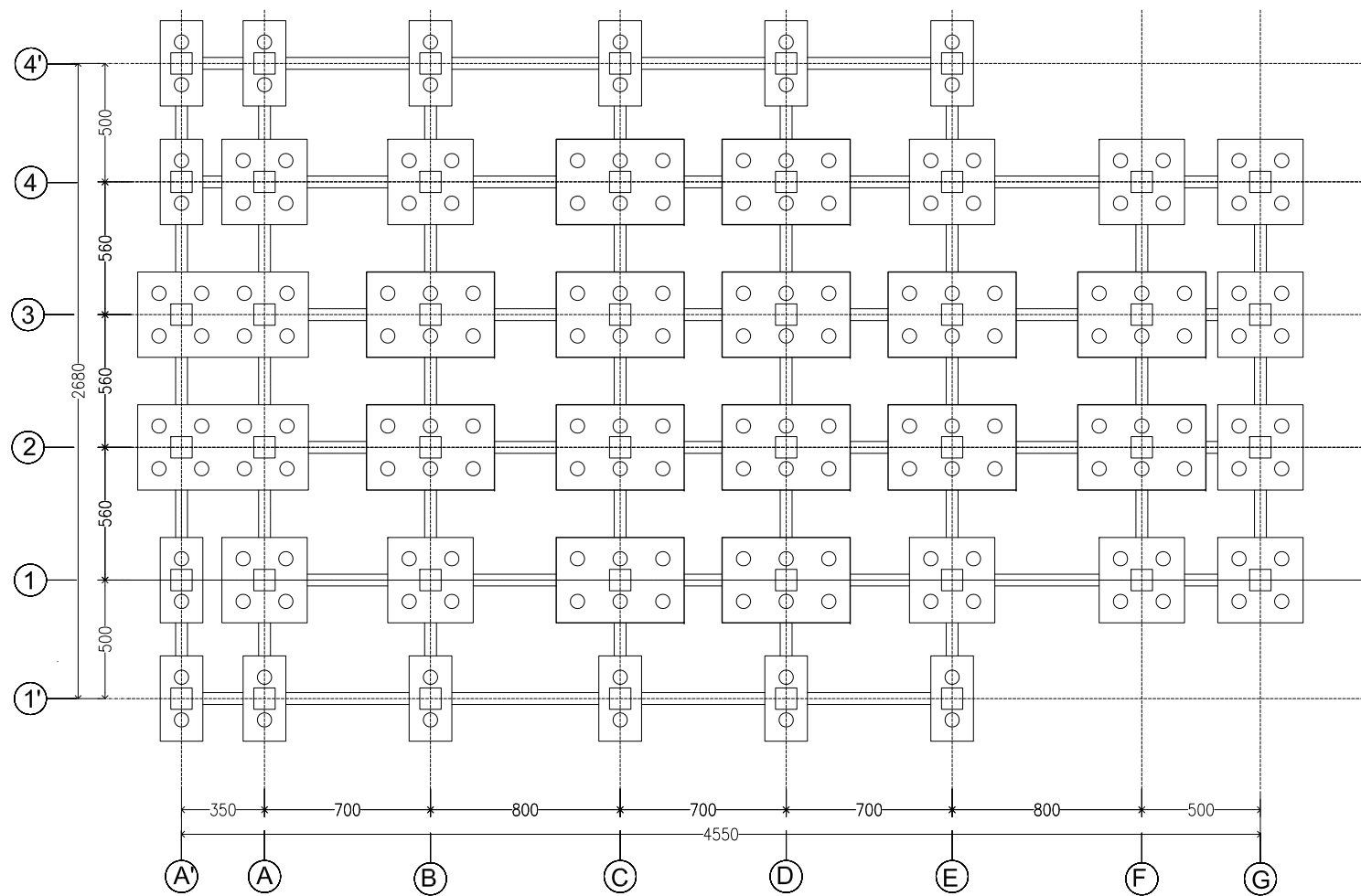


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN K 2. DETAIL SAMBUNGAN L 3. POTONGAN 6 4. POTONGAN 7 5. POTONGAN 8	1 : 15 1 : 15 1 : 10 1 : 10 1 : 10	28	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

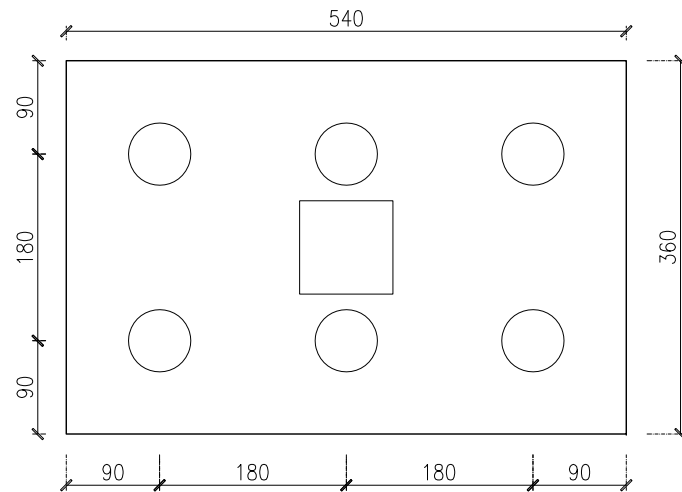


NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN LINK BRACING	1:20	29	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR
2. SAMBUNGAN KOLOM BRACING BALOK INDUK						

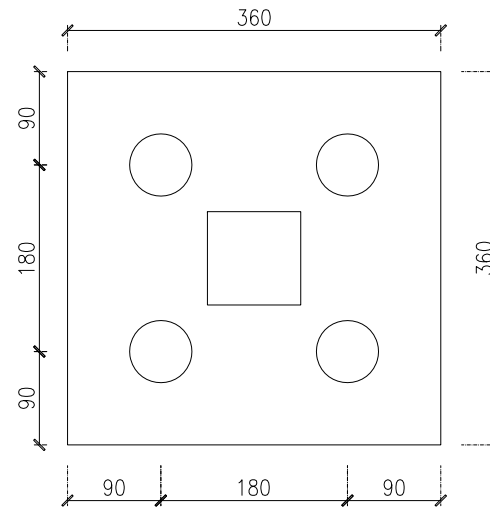


**DENAH PONDASI**  
skala 1 : 200

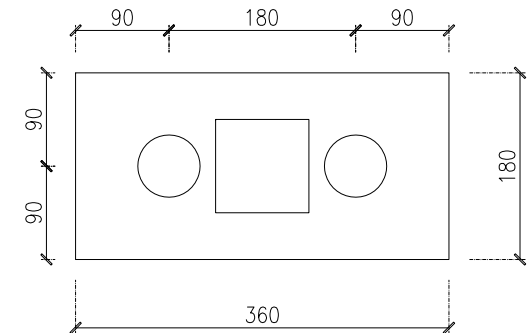
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PONDASI	1:20	30	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



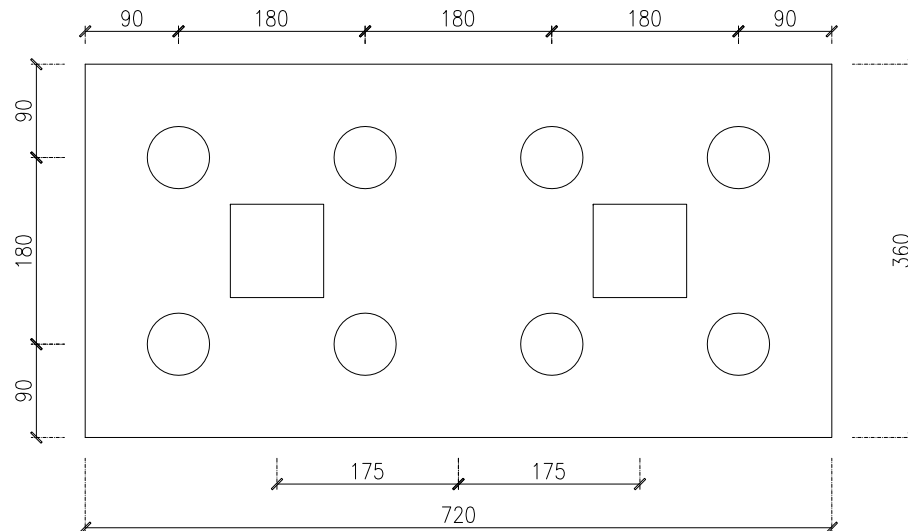
**DETAIL P1**  
skala 1 : 50



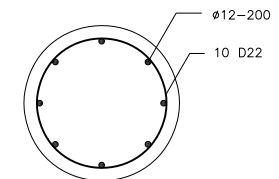
**DETAIL P2**  
skala 1 : 50



**DETAIL P3**  
skala 1 : 50

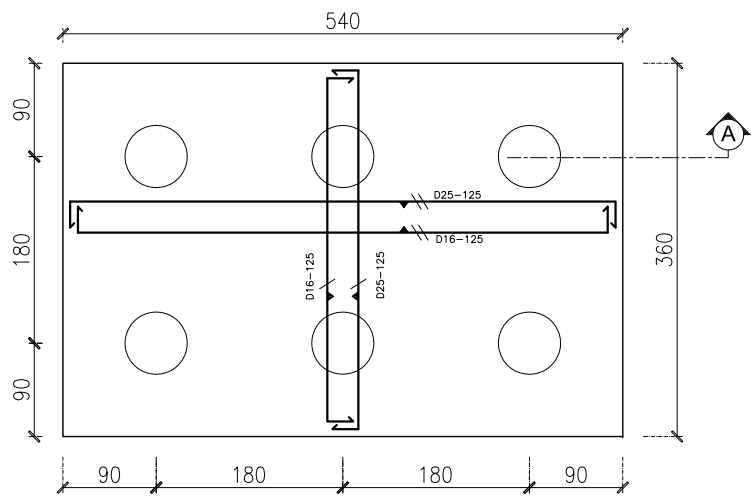


**DETAIL P4**  
skala 1 : 50

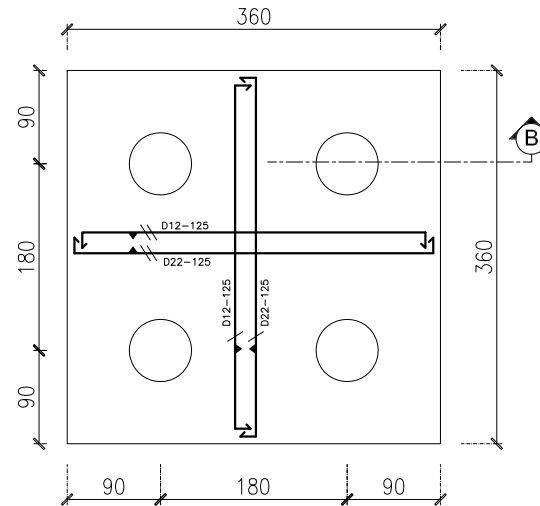


**DETAIL PILE**  
skala 1 : 20

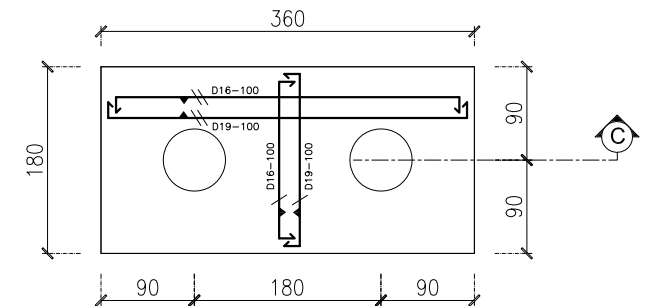
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL PONDASI P1 2. DETAIL PONDASI P2 3. DETAIL PONDASI P3 4. DETAIL PONDASI P4 5. DETAIL PILE	1 : 50 1 : 50 1 : 50 1 : 50 1 : 20	31	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



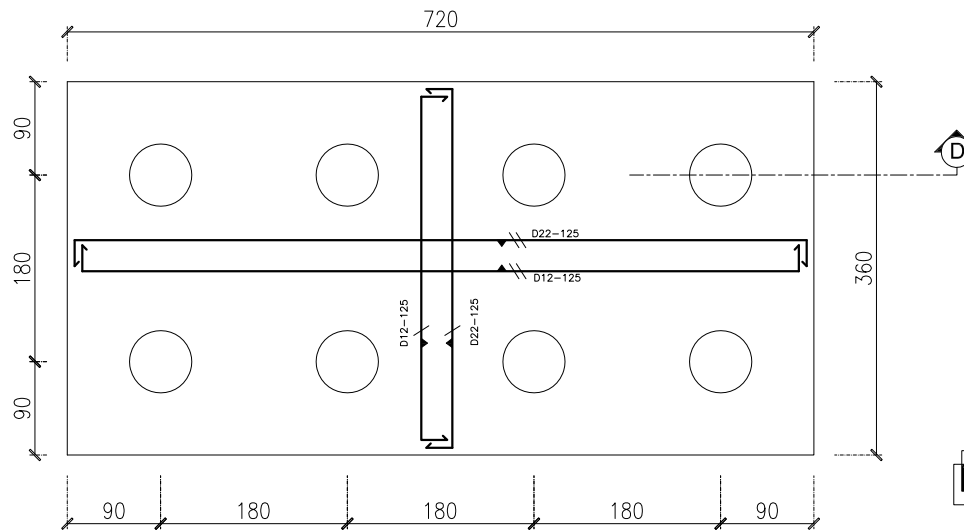
**DETAIL TULANGAN PONDASI P1**  
skala 1 : 50



**DETAIL TULANGAN PONDASI P2**  
skala 1 : 50



**DETAIL TULANGAN PONDASI P3**  
skala 1 : 50

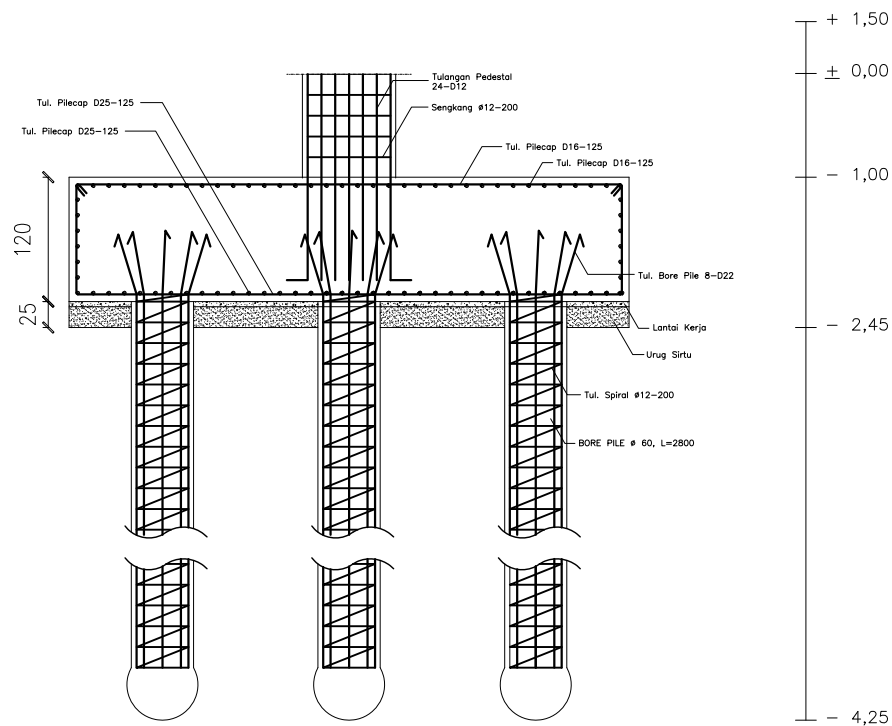


**DETAIL TULANGAN PONDASI P4**  
skala 1 : 50

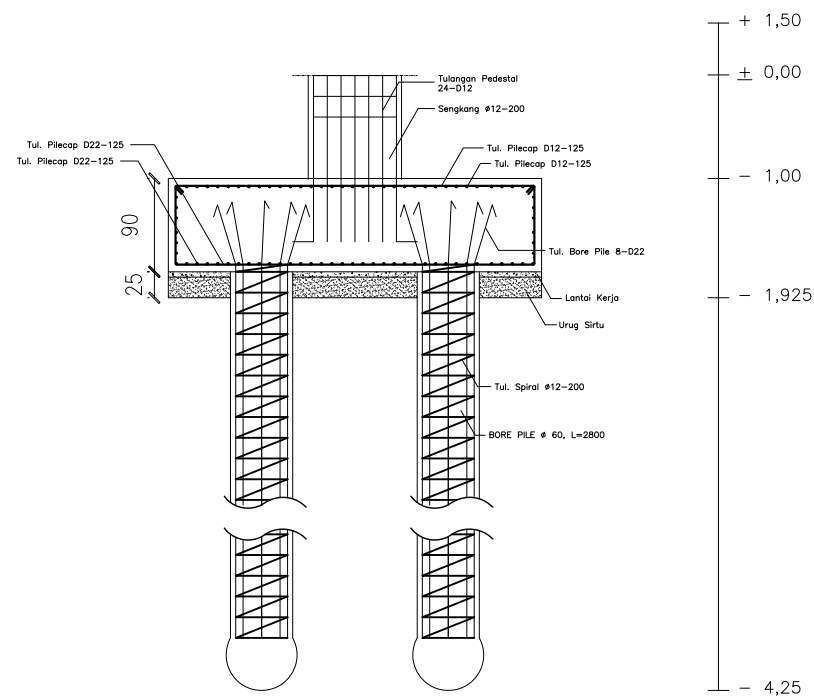


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL TUL. PONDASI P1 2. DETAIL TUL. PONDASI P2 3. DETAIL TUL. PONDASI P3 4. DETAIL TUL. PONDASI P4	1 : 50 1 : 50 1 : 50 1 : 50	32	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



**POTONGAN A-A**  
skala 1 : 50

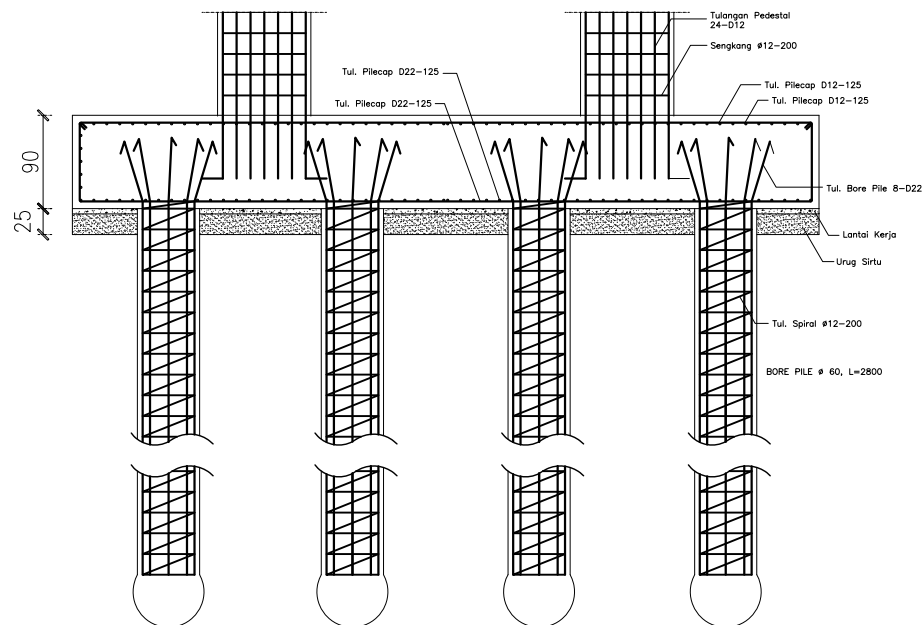


**POTONGAN B-B**  
skala 1 : 50

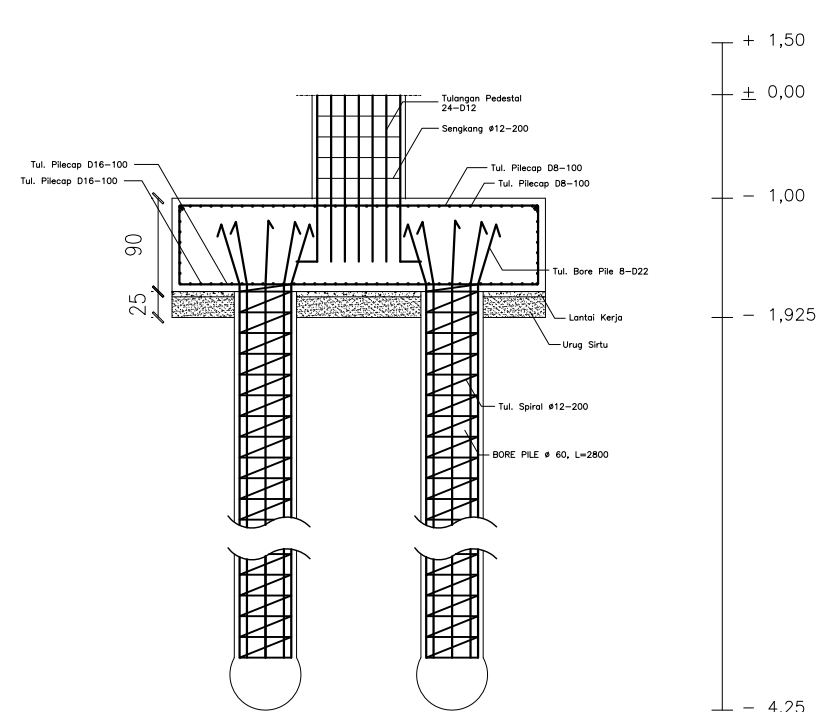


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. POTONGAN A-A 2. POTONGAN B-B	1 : 50 1 : 50	33	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



**POTONGAN D-D**  
skala 1 : 50



**POTONGAN C-C**  
skala 1 : 50

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. POTONGAN C-C 2. POTONGAN D-D	1 : 50 1 : 50	34	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

## BIODATA PENULIS



**Fariz Widya Harwanto**, dilahirkan di Nganjuk, 01 Desember 1992, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Ganung Kidul 1 Kabupaten Nganjuk tahun 2005, SMP Negeri 1 Nganjuk Kabupaten Nganjuk tahun 2008, SMA Negeri 1 Kabupaten Nganjuk tahun 2011, D3 Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2011. Setelah lulus dari D3 Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2014, Penulis mengikuti Tes Masuk Program S1 Lintas Jalur Teknik yang diselenggarakan ITS Surabaya dan diterima di Jurusan S1 Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2015 dan terdaftar sebagai Mahasiswa dengan NRP 3115 105 012. Pada Program Studi S1 Lintas Jalur Teknik Sipil ini. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan yang diselenggarakan oleh ITS.



# **LEMBAR PENGESAHAN**

## **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK**

### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

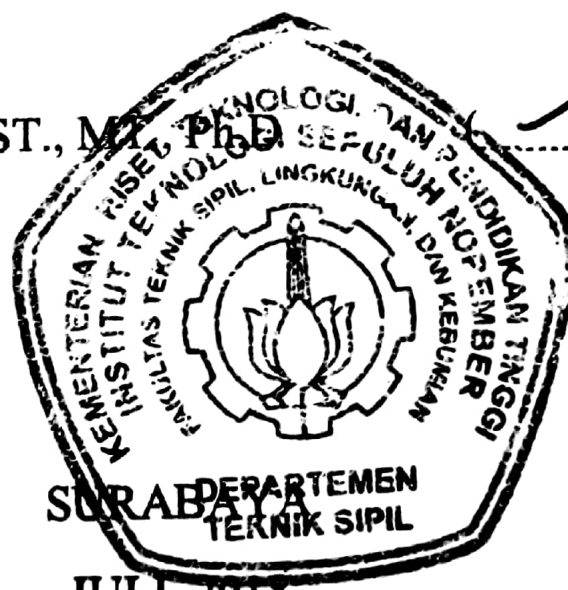
Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**LINDA KARTINI PUTRI**  
NRP. 03111645000015

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. DATA IRANATA, ST., M. Eng, PhD



JULI, 2018

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS  
JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED)  
MENGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA  
BRESING EKSENTRIK**

<b>Nama Mahasiswa</b>	<b>: Linda Kartini Putri</b>
<b>NRP</b>	<b>: 03111645000015</b>
<b>Jurusan</b>	<b>: Teknik Sipil FTSLK-ITS</b>
<b>Dosen Pembimbing</b>	<b>: Data Iranata, ST., MT., Ph.D</b>

**ABSTRAK**

*Perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) akan dilakukan modifikasi menggunakan struktur baja dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE). Baja merupakan alternatif bangunan tahan gempa yang sangat baik. Jika dibandingkan dengan struktur beton, baja dinilai memiliki sifat daktilitas yang dapat dimanfaatkan pada saat struktur memikul beban akibat gempa. SRBE merupakan salah satu sistem struktur penahan gempa yang dinilai paling efektif untuk digunakan di daerah rawan gempa seperti kota Padang. Kelebihan sistem ini adalah daktilitas struktur dan kekakuan elastik yang baik serta mekanisme plastifikasi pada Link Beam dalam menyerap energi ketika struktur menerima beban lateral (gempa). Link Beam sendiri adalah elemen yang berada di bagian ujung pengaku yang berfungsi menggabungkan antar bagian balok, pengaku dan kolom.*

*Pada perhitungan struktur gedung dengan SRBE ini mengacu pada standar peraturan yang digunakan pada saat modifikasi perencanaan ini yaitu, tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013), Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG:1983), Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015), Tata Cara Perencanaan*

*Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), dan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 1729:2002). Dalam menganalisa strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamik dengan menggunakan program bantu SAP 2000 v14.*

*Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu tebal pelat bondeks 9 cm, dimensi balok induk arah x dan y WF 600 x 300 x 12 x 17, balok link arah x WF 500 x 300 x 11 x 18, balok link arah y WF 600 x 300 x 12 x 20, dimensi bresing arah x dan y WF 300 x 300 x 10 x 15, dimensi kolom lantai 1-6 komposit CFT 700 x 700 x 25, lantai 7-12 komposit CFT 600 x 600 x 25, dan panjang elemen link direncanakan 100 cm. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang 60 cm dengan kedalaman 36 m. Sloof ukuran 45 cm x 60 cm dengan tulangan tarik 8D22 dan tulangan geser D13-250.*

***Kata Kunci : Daktilitas, Kekakuan Elastik, Link Beam, Plastifikasi, Sistem Rangka Bresing Eksentrik.***

# **PLANNING MODIFICATION OF ECONOMY FACULTY JENDERAL SOEDIRMAN BUILDING AT UNIVERSITY (UNSOED) STRUCTURE BY USING STEEL WITH ECCENTRICALLY BRACED FRAME**

<b>Name</b>	<b>: Linda Kartini Putri</b>
<b>NRP</b>	<b>: 03111645000015</b>
<b>Major</b>	<b>: Civil Engineering FTSLK-ITS</b>
<b>Supervisor</b>	<b>: Data Iranata, ST., MT., Ph.D</b>

## **ABSTRACT**

*Planning of Economy Faculty Jenderal Soedirman University (UNSOED) will be modified using steel structure with Eccentrically Braced Frame. Steel is an alternative to earthquake resistant buildings is excellent. When compared to concrete structures, steel is considered to have ductility properties that can be utilized when the structure of the burden caused by the earthquake. System eccentrically braced frame is one structural system retaining the earthquake the most effective for use in earthquake prone areas such as the city of Padang. The advantages of this system is a good ductility structure and elastic stiffness also the plasticity mechanism on Link Beam in absorbing energy when the structure receives lateral loads (earthquakes). Link Beam itself is a part in bar structure that serves to combine between the beam, stiffener and column*

*This EBF building construction calculation depends on the Earthquake Resistance Planning Standard for Building Construction SNI 1726:2012, the Steel Structure Planning for Building Construction SNI 1729:2015, and the Indonesian Imposition Regulation for Building PPIUG 1983. SAP 2000v14 has been selected to calculate the effect of dynamic earthquake load, specifically used in analysing the structure.*

*From the analysis and calculation result, it obtained the thickness of bondex plat was 9 cm, the bar x and y dimension WF 600 x 300 x 12 x 17, the link bar x WF 500 x 300 x 11 x 18, link bar*

y WF 600 x 300 x 12 x 20, the braced dimension WF 300 x 300 x 10 x 15, ground floors to six floors column dimension were CFT 700 x 700 x 25, seven floors to twelfth floors were CFT 600 x 600 x 25 and the length of link element was planned 100 cm. The design of foundation used 60 cm pile with 36 m of depth. It also used 45 cm x 60 cm and sloof with 8D22 as the main reinforcement and D13-250 as the shear reinforcement.

***Keyword : Ductility, Elastic Stiffness, Link Beam, Plastification, Eccentrically Braced Frame System.***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) Menggunakan Baja Sistem Rangka Bresing Eksentrik”. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (FTSLK-ITS).

Selama proses penyusunan, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan keluarga terkasih yang selalu memberikan dukungan baik moril dan materiil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Data Iranata, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Semua pihak terkait yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	4
1.3    Maksud dan Tujuan .....	4
1.4    Batasan Masalah .....	5
1.5    Manfaat .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1    Umum .....	7
2.2    Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa ...	8
2.2.1    Daktilitas Struktur Bangunan Tahan Gempa .....	9
2.2.2    Disipasi Energi Struktur Bangunan Tahan Gempa.....	10
2.3    Struktur Rangka Baja Tahan Gempa .....	11
2.3.1 <i>Moment Resisting Frame</i> (MRF).....	11
2.3.2 <i>Concentrically Braced Frame</i> (CBF) .....	13
2.3.3 <i>Eccentrically Braced Frame</i> (EBF/SRBE).....	14
2.3.4    Konsep Perencanaan Elemen <i>Link</i> (SRBE) .....	17

2.4	Kolom <i>Concrete-Filled Steel Tube</i> (CFT) .....	22
2.5	<i>Steel Floor Deck</i> .....	24
2.6	Sambungan.....	25
2.7	Pondasi.....	26
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>31</b>
3.1	Diagram Alir Penyelesaian Modifikasi Desain Bangunan .....	31
3.2	Metodologi Pengerjaan Modifikasi Desain Bangunan .....	32
3.2.1	Pengumpulan Data.....	33
3.2.2	Studi Literatur .....	33
3.2.3	<i>Preliminary Design</i> .....	34
3.2.4	Analisa Pembebanan.....	34
3.2.5	Konsep Perencanaan Struktur Baja.....	35
3.2.6	Permodelan dan Analisa Struktur .....	35
3.2.7	Kontrol Desain Struktur Baja .....	36
3.2.8	Perencanaan Struktur Bawah .....	49
3.2.9	Penggambaran Teknik .....	54
<b>BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....</b>		<b>55</b>
4.1	Perencanaan Pelat Lantai .....	55
4.1.1	Perencanaan Pelat Lantai Atap .....	56
4.1.2	Perencanaan Pelat Lantai .....	57
4.2	Perencanaan Balok Anak .....	59
4.2.1	Perencanaan Balok Anak Lantai Atap .....	59

4.2.2	Perencanaan Balok Anak Lantai .....	63
4.3	Perencanaan Balok <i>Lift</i> .....	68
4.3.1	Perencanaan Balok Pembagi <i>Lift</i> .....	70
4.3.2	Perencanaan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	75
4.4	Perencanaan Tangga dan Bordes .....	80
4.4.1	Perencanaan Anak Tangga.....	82
4.4.2	Perencanaan Pelat Bordes .....	84
4.4.3	Perencanaan Balok Utama Tangga .....	85
4.4.4	Perencanaan Balok Penumpu Bordes .....	94
<b>BAB V PERMODELAN STRUKTUR .....</b>		<b>99</b>
5.1	Penjelasan Umum .....	99
5.2	Pembebanan Struktur Utama .....	100
5.3	Pembebanan Gempa Dinamis.....	101
5.3.1	Penentuan Klasifikasi Situs .....	101
5.3.2	Parameter Respon Spektrum Rencana.....	103
5.3.3	Arah Pembebanan.....	104
5.3.4	Faktor Reduksi Gempa (R).....	105
5.3.5	Faktor Keutamaan(I).....	105
5.3.6	Kombinasi Pembebanan .....	105
5.4	Kontrol Permodelan Struktur.....	106
5.5	Kontrol Desain.....	107
5.5.1	Kontrol Partisipasi Massa .....	108
5.5.2	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental.....	109
5.5.3	Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum .....	111

5.5.4	Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai ( <i>Drift</i> )	113
<b>BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....</b>		<b>117</b>
6.1	Perencanaan Struktur Balok.....	117
6.1.1	Balok Induk Arah X.....	117
6.1.2	Balok Induk Arah Y.....	121
6.2	Perencanaan Struktur Kolom .....	125
6.3	Perencanaan Struktur <i>Link</i> .....	136
6.3.1	<i>Link</i> Arah X .....	136
6.3.2	<i>Link</i> Arah Y .....	142
6.4	Perencanaan Struktur Balok Luar <i>Link</i> .....	148
6.4.1	Balok Luar <i>Link</i> Arah X .....	148
6.4.2	Balok Luar <i>Link</i> Arah Y .....	152
6.5	Perencanaan Struktur Bresing.....	157
6.5.1	Bresing Arah X .....	157
6.5.2	Bresing Arah Y .....	164
6.6	Perencanaan Sambungan .....	171
6.6.1	Sambungan Balok Anak-Balok Induk .....	171
6.6.2	Sambungan Balok Utama Tangga-Balok Penumpu Bordes .....	176
6.6.3	Sambungan Balok Penumpu Bordes-Kolom CFT 700x700x25x25 .....	181
6.6.4	Sambungan Kolom CFT 700x700x25x25-Kolom CFT 700x700x25x25 .....	185
6.6.5	Sambungan Balok Induk-Kolom CFT 700x700x25x25 .....	188

6.6.6	Sambungan Bresing .....	197
6.6.7	Sambungan Kolom CFT 700x700x25x25-Base Plate .....	207
<b>BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH .....</b>		<b>218</b>
7.1	Umum .....	218
7.2	Data Tanah.....	218
7.3	Perencanaan Pondasi.....	218
7.4	Daya Dukung Tanah .....	219
7.4.1	Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal .....	220
7.4.2	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok .....	222
7.4.3	Repetisi Beban-Beban di Atas Tiang Kelompok.....	223
7.4.4	Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang...	223
7.4.5	Kontrol Beban Maksimum Kelompok Tiang Pancang.....	224
7.4.6	Kontrol Kekuatan Tiang .....	225
7.4.7	Perencanaan Poer Pada Kolom .....	228
7.4.8	Perencanaan Kolom Pedestal.....	236
7.4.9	Perencanaan Sloof Pondasi.....	240
<b>BAB VIII KESIMPULAN .....</b>		<b>244</b>
8.1	Kesimpulan Hasil Perhitungan .....	244
8.2	Saran .....	245
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>246</b>

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Hubungan Tegangan ( $\sigma$ ) dan Regangan ( $\epsilon$ ) Pada Material Baja .....	7
Gambar 2. 2 Grafik Perbandingan Nilai Defleksi atau Daktilitas .....	10
Gambar 2. 3 Nilai Disipasi Energi ( $E_d$ ) Dalam Satu Siklus .....	11
Gambar 2. 4 <i>Moment Resisting Frame</i> (MRF) .....	12
Gambar 2. 5 Konfigurasi <i>Concentrically Braced Frame</i> (CBF) .....	13
Gambar 2. 6 Konfigurasi <i>Link</i> Pada Beberapa Sistem Portal.....	15
Gambar 2. 7 Gaya Yang Bekerja Pada <i>Link Beam</i> dan Balok ....	16
Gambar 2. 8 Gaya Yang Bekerja Pada <i>Link</i> .....	18
Gambar 2. 9 Sudut Rotasi <i>Link Beam</i> .....	20
Gambar 2. 10 Detailing Pada <i>Link Beam</i> .....	21
Gambar 2. 11 Tipe-Tipe Kolom Komposit : <i>Concrete Encased Steel</i> (CES) (a), CFT (b), Kombinasi CES dan CFT (c), CFT Dengan Penampang Baja Berongga (d), dan Penampang Baja Berongga Pada Bagian Dalam dan Luarnya. ....	23
Gambar 2. 12 Penampang <i>Steel Floor Deck</i> .....	25
Gambar 2. 13 Jenis Pondasi Dangkal .....	28
Gambar 2. 14 Jenis Pondasi Dalam .....	29
 Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir .....	 31
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir (Lanjutan).....	32
 Gambar 4. 1 Pelat Lantai Atap .....	 56
Gambar 4. 2 Penulangan Pelat Lantai Atap .....	57
Gambar 4. 3 Pelat Lantai .....	57
Gambar 4. 4 Penulangan Pelat Lantai.....	58
Gambar 4. 5 Denah Balok Anak Lantai Atap .....	59
Gambar 4. 6 Diagram Momen Balok Anak Lantai Atap .....	61
Gambar 4. 7 Denah Balok Anak Lantai.....	64
Gambar 4. 8 Diagram Momen Balok Anak Lantai .....	66
Gambar 4. 9 Denah <i>Lift</i> .....	69

Gambar 4. 10 Potongan Melintang <i>Lift</i> .....	69
Gambar 4. 11 Balok Pembagi <i>Lift</i> .....	70
Gambar 4. 12 Diagram Momen Balok Pembagi <i>Lift</i> .....	72
Gambar 4. 13 Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	75
Gambar 4. 14 Model Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	76
Gambar 4. 15 Diagram Momen Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	78
Gambar 4. 16 Diagram Momen Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	78
Gambar 4. 17 Denah Tangga.....	82
Gambar 4. 18 Potongan Tangga .....	82
Gambar 4. 19 Tebal Efektif Tangga .....	83
Gambar 4. 20 Ilustrasi Pembebanan Pada Balok Utama Tangga	87
Gambar 4. 21 Bidang Momen Balok Utama Tangga.....	88
Gambar 4. 22 Bidang D (Gaya Geser) Balok Utama Tangga .....	89
Gambar 4. 23 Bidang N (Gaya Aksial) Balok Utama Tangga....	90
Gambar 4. 24 Lendutan yang Terjadi .....	94
Gambar 4. 25 Pembebanan Balok Penumpu Bordes .....	95
 Gambar 5. 1 Denah Struktur Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED .....	 99
Gambar 5. 2 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Padang Dengan Periode Ulang 500 Tahun.....	104
Gambar 5. 3 Area Pembebanan Pada Kolom yang Ditinjau .....	106
 Gambar 6. 1 Lokasi Balok Induk Arah X <i>Frame</i> 388.....	117
Gambar 6. 2 Lokasi Balok Induk Arah Y <i>Frame</i> 368.....	121
Gambar 6. 3 Lokasi Kolom <i>Frame</i> 1409.....	125
Gambar 6. 4 Diagram Gaya Aksial Pada Kolom <i>Frame</i> 1409..	126
Gambar 6. 5 Diagram Momen Arah X Pada Kolom <i>Frame</i> 1409 .....	126
Gambar 6. 6 Diagram Momen Arah Y Pada Kolom <i>Frame</i> 1409 .....	127
Gambar 6. 7 Penampang Kolom Komposit CFT Dengan Profil HSS 700 x 700 x 25 x 25.....	127
Gambar 6. 8 Lokasi <i>Link</i> Arah X <i>Frame</i> 436 .....	136



Gambar 6. 9 Diagram Momen Gaya Geser Pada <i>Link Frame</i>	436
.....	137
Gambar 6. 10 Lokasi <i>Link Arah Y Frame</i>	448
.....	142
Gambar 6. 11 Diagram Momen Gaya Geser Pada <i>Link Frame</i>	448
.....	143
Gambar 6. 12 Lokasi Balok Luar <i>Link Arah X Frame</i>	432
.....	148
Gambar 6. 13 Diagram Momen dan Gaya Geser Pada <i>Link Frame</i>	432
.....	149
Gambar 6. 14 Lokasi Balok Luar <i>Link Arah Y Frame</i>	444
.....	152
Gambar 6. 15 Diagram Momen dan Gaya Geser Pada <i>Link Frame</i>	444
.....	153
Gambar 6. 16 Lokasi Bressing Arah X <i>Frame</i>	89
.....	157
Gambar 6. 17 Diagram Momen dan Gaya Geser Arah X Pada	
<i>Bressing Frame</i>	89
.....	158
Gambar 6. 18 Diagram Momen dan Gaya Geser Arah Y Pada	
<i>Bressing Frame</i>	89
.....	158
Gambar 6. 19 Lokasi Bressing Arah Y <i>Frame</i>	1702
.....	164
Gambar 6. 20 Diagram Momen dan Gaya Geser Arah X Pada	
<i>Bressing Frame</i>	1702
.....	165
Gambar 6. 21 Diagram Momen dan Gaya Geser Arah Y Pada	
<i>Bressing Frame</i>	1702
.....	165
Gambar 6. 22 Detail Sambungan Balok Anak-Balok Induk	.....
.....	171
Gambar 6. 23 Detail Sambungan Balok Utama Tangga-Balok	
Penumpu Bordes	.....
.....	176
Gambar 6. 24 Detail Sambungan Balok Penumpu Bordes-Kolom	
CFT 700x700x25x25	.....
.....	181
Gambar 6. 25 Detail Sambungan Kolom CFT 700x700x25x25-	
Kolom CFT 700x700x25x25	.....
.....	185
Gambar 6. 26 Tampak Atas Sambungan Balok Induk-Kolom CFT	
700x700x25x25	.....
.....	188
Gambar 6. 27 Tampak Samping Sambungan Balok Induk -	
Kolom	.....
.....	188
Gambar 6. 28 Sambungan Bressing- <i>Link</i>	.....
.....	197
Gambar 6. 29 Sambungan Bressing-Balok-Kolom CFT	
700x700x25x25	.....
.....	198

Gambar 6. 30 Sambungan Las Pada Baseplate .....	208
Gambar 6. 31 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate .....	211
Gambar 6. 32 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate .....	212
Gambar 6. 33 Sambungan Las Kolom Dengan Baseplate .....	215
Gambar 6. 34 Sambungan Baseplate Dengan Kolom dan Pedestal .....	216
 Gambar 7. 1 Pondasi Tiang Pancang .....	 222
Gambar 7. 2 Area Kritis Geser Akibat Kolom .....	229
Gambar 7. 3 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang .....	230
Gambar 7. 4 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu X) .....	232
Gambar 7. 5 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu Y) .....	234
Gambar 7. 6 Hasil Analisis Kolom Pedestal-PCA Col.....	237
Gambar 7. 7 Hasil Analisis Mpr Kolom Pedestal Dengan Program PCA Col.....	238
Gambar 7. 8 Penulangan Kolom Pedestal .....	239
Gambar 7. 9 Hasil Analisis Sloof Dengan Program PCA Col ..	241
Gambar 7. 10 Penulangan Sloof .....	242

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi <i>Link Beam</i> .....	21
Tabel 3. 1 Kekuatan Tarik (Fnt), Kekuatan Geser (Fnt) .....	48
Tabel 4. 1 Tabel Perencanaan Praktis Bentang Bondek .....	55
Tabel 5. 1 Rangkuman Data Tanah Kedalaman 42 m .....	102
Tabel 5. 2 Parameter Respon Gempa Wilayah Padang Untuk Kelas Situs SE (Tanah Lunak) .....	103
Tabel 5. 3 Hasil Output Joint Reaction Dengan Kombinasi Beban 1D + 1L Program Bantu <i>SAP 2000v14</i> .....	107
Tabel 5. 4 Rasio Partisipasi Massa Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED .....	108
Tabel 5. 5 Rasio Partisipasi Massa Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED (Lanjutan).....	109
Tabel 5. 6 Periode dan Frekuensi Struktur .....	110
Tabel 5. 7 Reaksi Dasar Struktur Bangunan .....	111
Tabel 5. 8 Hasil Output Gaya Geser Akibat Beban Gempa.....	112
Tabel 5. 9 Kontrol Simpangan yang Terjadi Akibat Beban Gempa .....	113
Tabel 5. 10 Kontrol Simpangan yang Terjadi Akibat Beban Gempa Pada Arah X.....	115
Tabel 5. 11 Kontrol Simpangan yang Terjadi Akibat Beban Gempa Pada Arah Y.....	115
Tabel 5. 12 Kontrol Simpangan yang Terjadi Akibat Beban Gempa Pada Arah Y (Lanjutan) .....	116
Tabel 6. 1 Rekapitulasi Dimensi Struktur Primer .....	170

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Gedung Fakultas Ekonomi merupakan bangunan 8 lantai yang terletak di Kampus Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED). Desain struktur yang digunakan pada gedung ini pada awalnya menggunakan struktur beton dengan metode sistem rangka pemikul momen (SRPM) untuk perhitungan strukturnya. Direncanakan bangunan tersebut harus mampu menahan beban gempa dan memenuhi persyaratan konstruksi. Dalam perencanaan bangunan gedung tahan gempa, saat ini sangat didominasi dengan penggunaan material beton bertulang. Penggunaan material beton bertulang pada gedung mempunyai berbagai kelemahan antara lain, kuat tarik yang lemah, mempunyai bobot yang berat, daya pantul suara yang besar, dapat mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, dan dalam pelaksanaan pekerjaan membutuhkan waktu yang relatif lama.

Sebagai salah satu negara dengan banyak daerah yang rawan sekali terkena gempa, dimana dapat mengakibatkan kerusakan bangunan di sekitar pusat gempa, terutama bangunan gedung yang menggunakan beton sebagai struktur utamanya. Perencanaan suatu struktur bangunan tahan gempa merupakan suatu kebutuhan yang tidak dapat dihindari, dikarenakan tujuan utamanya adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa. Sehingga dalam merencanakan suatu bangunan tahan gempa harus mengutamakan keselamatan dan kenyamanan, dimana bahan dan sistem strukturnya merupakan suatu hal yang terpenting dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa. Jadi, diperlukan inovasi pada saat merencanakan konstruksi bangunan tahan gempa yaitu salah satunya dengan menggunakan konstruksi baja.

Baja memiliki sifat duktail (tidak getas) yang dapat mengalami deformasi yang besar dibawah pengaruh tegangan tarik tanpa hancur atau putus. Sifat inilah yang membuat struktur baja

mampu mencegah terjadinya proses runtuh secara tiba-tiba apabila terjadi beban yang berlebihan. Ini memberikan cukup waktu untuk mengevakuasi para pengguna gedung untuk menyelamatkan diri bila terjadi gempa. Baja adalah suatu jenis bahan bangunan yang berdasarkan pertimbangan dalam aspek ekonomis, sifat dan kekakuannya cukup baik. Disamping itu keuntungan-keuntungan lain dari struktur baja antara lain, bahan konstruksi baja yang banyak diproduksi oleh pabrik-pabrik sehingga sifatnya lebih homogen dan konsisten membuat bentuk dan strukturnya jauh lebih tepat. Elemen struktur baja juga memiliki ukuran penampang yang lebih kecil dimana akan relatif lebih ringan daripada bahan lain, tetapi juga memiliki kemampuan cukup tinggi, hampir tidak memiliki perbedaan nilai muai dan susut, dan dalam hal pelaksanaan bongkar pasang jauh lebih cepat dibandingkan material lain.

Dengan keunggulan-keunggulan sifat baja yang ada, maka dapat merencanakan suatu bangunan gedung tahan gempa dengan suatu sistem konstruksi rangka baja. Salah satu sistem struktur yang mampu memikul beban gempa adalah sistem bangunan baja dengan menggunakan sistem rangka bresing eksentrik (SRBE), dimana memiliki kekakuan dan daktilitas cukup baik. Konsep desain tahan gempa SRBE adalah dimana elemen *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen balok, kolom, dan bresing diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Elemen *link* merupakan bagian dari balok yang direncanakan untuk mendisipasi energi saat terjadinya gempa kuat. Kelelehan yang terjadi pada elemen *link* dapat berupa kelelehan geser atau kelelehan lentur. Tipe kelelehan ini sangat tergantung pada panjang *link* tersebut. Dimana SRBE memiliki respon yang lebih baik daripada sistem *Concentrically Braced Frame* (CBF) maupun sistem *Moment Resisting Frame* (MRF) ketika menerima beban gempa pada saat struktur sudah leleh inelastik. Respon yang baik dari struktur portal SRBE disebabkan kemampuan menyerap energi melalui mekanisme pembentukan sendi plastis pada elemen *active link* yang sangat besar dan konsisten tanpa terjadi

pengurangan kekakuan sampai sejumlah putaran (*cycle*) yang cukup tinggi (*Hjelmstad dan Popov, 1983*).

Sebagai bahan studi perencanaan, akan dilakukan modifikasi pada struktur gedung ini yang sebelumnya berada di Purwokerto dengan desain menggunakan struktur beton bertulang dimana akan dimodifikasi berada di Padang dengan menggunakan struktur baja SRBE. Selain itu, akan direncanakan pula pondasi yang sesuai dengan besarnya beban-beban yang bekerja di atasnya. Modifikasi perencanaan ini dilakukan agar diharapkan bangunan menjadi lebih daktail, lebih cepat dalam pemasangannya, dan sanggup memikul beban-beban yang terjadi baik gravitasi ataupun lateral (gempa) di wilayah yang memiliki resiko gempa tinggi.

Pemilihan gedung ini atas dasar telah tersedianya kapasitas ruangan, tangga, *lift (elevator)* yang didesain sesuai dengan layaknya gedung perkantoran pada umumnya. Posisi dan kapasitas pembagian ruangan ini pada nantinya akan menjadi acuan dalam merencanakan dan menganalisa beban pada struktur, baik struktur sekunder maupun struktur primer.

Peraturan yang digunakan pada saat modifikasi perencanaan ini yaitu, tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (*SNI 1727:2013*), Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (*PPIUG:1983*), Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (*SNI 2847:2013*), Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (*SNI 1729:2015*), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (*SNI 1726:2012*), dan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (*SNI 1729:2002*). Dalam menganalisa strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamik dengan menggunakan program bantu *SAP 2000 v14*.

Dengan demikian tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah merencanakan struktur bangunan baja menggunakan SRBE dan kapasitas pondasi yang sesuai dengan besarnya beban untuk meningkatkan kinerja bangunan tahan gempa. Bagaimana

perencanaan struktur kolom, balok, pelat lantai, *link* dan pondasi pada gedung ini merupakan topik dasar perencanaan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka untuk perencanaan struktur gedung Fakultas Ekonomi Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE), permasalahan yang ditinjau antara lain :

- a. Permasalahan Utama.  
Bagaimana merencanakan struktur baja gedung Fakultas Ekonomi menggunakan SRBE dan pondasinya sesuai dengan peraturan yang berlaku ?
- b. Detail Permasalahan.
  1. Bagaimana menentukan *Preliminary Design* penampang profil baja menggunakan SRBE ?
  2. Beban-beban apa saja yang akan bekerja pada perencanaan gedung Fakultas Ekonomi ?
  3. Bagaimana merencanakan struktur bangunan atas yang meliputi struktur bangunan primer (balok, kolom, bresing eksentrik, dan *link*), struktur bangunan sekunder (pelat lantai, balok anak, dan tangga) dan sambungan untuk setiap elemen pada konstruksi baja menggunakan SRBE ?
  4. Bagaimana merencanakan struktur bangunan bawah yang meliputi pondasi dan tiang pancang ?
  5. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu *SAP 2000 v14* ?

## 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Tujuan Utama.  
Mendapatkan hasil perencanaan struktur baja gedung Fakultas Ekonomi menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik dan pondasinya sesuai dengan peraturan yang berlaku.



b. Detail Tujuan.

1. Dapat menentukan *Preliminary Design* penampang profil baja menggunakan SRBE.
2. Dapat menentukan beban-beban apa saja yang akan bekerja pada perencanaan gedung Fakultas Ekonomi.
3. Dapat merencanakan struktur bangunan atas yang meliputi struktur bangunan primer (balok, kolom, bresing eksentrik, dan *link*), struktur bangunan sekunder (pelat lantai, balok anak, dan tangga) dan sambungan untuk setiap elemen pada konstruksi baja menggunakan SRBE.
4. Dapat merencanakan struktur bangunan bawah yang meliputi pondasi dan tiang pancang.
5. Dapat memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu *SAP 2000 v14*.

#### 1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini diberikan beberapa batasan masalah untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah yang telah diuraikan di atas, pembatasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan gedung ini dimaksudkan sebagai bahan studi sehingga hanya meninjau perhitungan struktur saja, tidak meninjau analisa anggaran biaya, manajemen konstruksi, sistem sanitasi dan instalasi listrik gedung, detail metode pelaksanaan, maupun segi arsitektural.
2. Desain struktur baja berdasarkan pada *SNI 1729:2015*.
3. Pembebanan dihitung berdasarkan *SNI 1727:2013*.
4. Perhitungan beban gempa berdasarkan *SNI 1726:2012*.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diharapkan dari modifikasi perencanaan ini adalah :

1. Dapat dijadikan referensi dalam perencanaan gedung baja bertingkat yang tahan terhadap gempa dengan menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik.

2. Memberikan alternatif dengan menggunakan sistem struktur baja akan lebih efisien dalam pelaksanaannya.
3. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan sehingga kegagalan struktur dapat diminimalisasi.

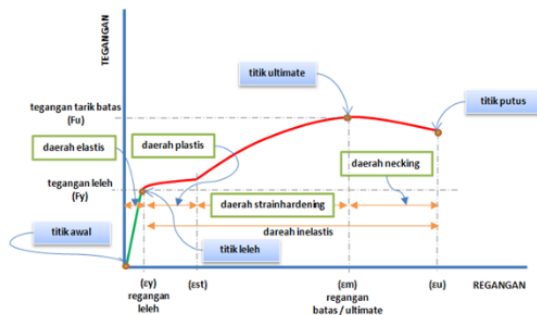
## BAB II TINJAUAN PUTAKA

### 2.1 Umum

Baja adalah suatu jenis bahan bangunan yang berdasarkan pertimbangan dalam aspek ekonomis, sifat dan kekakuannya cukup baik. Material ini cukup banyak dipilih untuk perencanaan bangunan tahan gempa karena memiliki karakteristik keruntuhan yang bersifat duktail (tidak getas), dimana baja memiliki tegangan leleh yang tinggi dan regangan maksimumnya besar. Karena tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) yang tinggi maka baja memiliki modulus elastisitas bahan yang tinggi, ini dapat dibuktikan dari perumusan berikut ini.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.1)$$

Karena sifatnya yang sangat duktail, jika material baja diberi gaya (tarik, tekan, dan lentur) yang besar hingga kondisi plastis atau kondisi leleh ( $f_y$ ) maka material baja mampu mengembangkan regangannya cukup besar dari pertama kali leleh hingga akhirnya putus ( $f_u$ ). Semakin besar regangan yang terjadi, semakin duktail material tersebut yang dapat mengalami deformasi yang besar pula dibawah pengaruh tegangan tarik tanpa hancur atau putus.



Gambar 2. 1 Diagram Hubungan Tegangan ( $\sigma$ ) dan Regangan ( $\epsilon$ ) Pada Material Baja

Sifat inilah yang membuat struktur baja mampu mencegah terjadinya proses runtuh secara tiba-tiba apabila terjadi beban yang berlebihan. Ini memberikan cukup waktu untuk mengevakuasi para pengguna gedung untuk menyelamatkan diri bila terjadi gempa, tidak seperti pada umumnya material beton tanpa tulangan baja yang memiliki sifat getas yang dapat menyebabkan keruntuhan sewaktu-waktu pada saat gaya yang bekerja telah melampaui kemampuan ultimit dari beton itu sendiri.

## **2.2 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa**

Pada umumnya konsep daripada perencanaan struktur bangunan tahan gempa itu sendiri harus memperhitungkan kemampuan bangunan dalam memikul beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, di antaranya adalah beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup, sedangkan yang termasuk beban lateral berupa beban angin dan beban gempa yang bekerja dari arah samping bangunan yang dapat menimbulkan defleksi lateral, hal ini harus dipertimbangkan sama seperti halnya gaya gravitasi. Dengan memperhitungkan keseluruhan daripada beban yang terjadi pada suatu struktur bangunan, maka suatu bangunan dengan konsep tahan gempa dengan kekuatan bangunan yang memadai dapat direncanakan dan dapat memberikan rasa nyaman bagi penggunanya, mengingat adanya suatu konsep yang menyatakan semakin tinggi gedung maka defleksi lateral yang terjadi juga semakin besar pada lantai atas (*Mc. Cormac, 2002*).

Berdasarkan (*UBC 1997*), tujuan dalam mendesain suatu bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar yang telah diikuti oleh seluruh negara di dunia. Tiga kriteria itu ialah sebagai berikut :

1. Ketika terjadi gempa kecil, tidak terjadi kerusakan sama sekali pada bangunan.

2. Ketika terjadi gempa sedang, diperbolehkan terjadi kerusakan arsitektural, namun tidak diperbolehkan terjadi kerusakan struktural.
3. Ketika terjadi gempa kuat, diperbolehkan terjadi kerusakan struktural dan non-struktural, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

Untuk dapat merencanakan bangunan tahan gempa dengan kriteria tersebut, perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus juga dapat memperhitungkan dampak dari gaya lateral yang bersifat siklis (bolak-balik) yang dialami oleh struktur selama terjadinya gempa bumi. Untuk memikul gaya lateral yang dialami oleh bangunan, struktur harus dapat memiliki daktilitas yang memadai di daerah *joint* atau elemen struktur tahan gempa seperti bresing, dinding geser, atau *link*. Dengan daktilitas yang memadai maka suatu struktur diharapkan mampu mengalami simpangan dalam kondisi paska elastik hingga terjadinya keruntuhan.

Perencanaan struktur bangunan tahan gempa dapat direncanakan dengan cara mengetahui skenario keruntuhan dari suatu struktur tersebut dalam menahan beban maksimum yang bekerja. Dimana dalam pelaksanaan konsep desain kapasitas struktur adalah dengan memperkirakan urutan kejadian dari kegagalan suatu struktur berdasarkan beban maksimum yang dialami struktur. Sehingga dapat direncanakan elemen-elemen struktur didesain agar tidak sama kuat terhadap gaya yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan yang lainnya dengan harapan di elemen atau titik itulah kegagalan struktur terjadi pada saat beban gempa maksimum bekerja.

### **2.2.1 Daktilitas Struktur Bangunan Tahan Gempa**

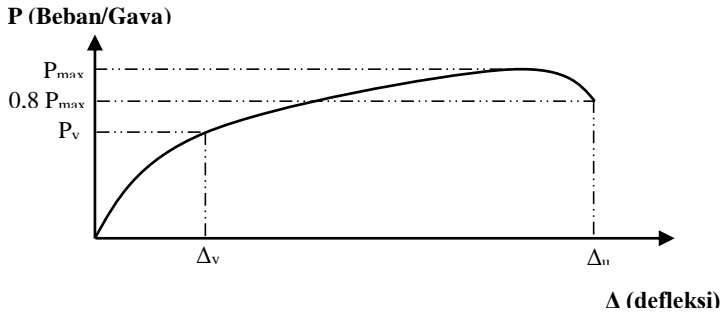
Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur bangunan gedung untuk mengalami deformasi paska elastik yang besar secara berulang kali dan siklis akibat beban gempa diatas yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup tinggi,

sehingga struktur bangunan gedung masih mampu mengalami deformasi yang cukup besar walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

Daktilitas dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara defleksi saat kondisi ultimit ( $\Delta_u$ ) dan defleksi saat leleh pertama kali ( $\Delta_y$ ) seperti persamaan berikut ini :

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (2.2)$$

Dimana perbandingan nilai defleksi yang terjadi diperoleh pada Gambar 2.2

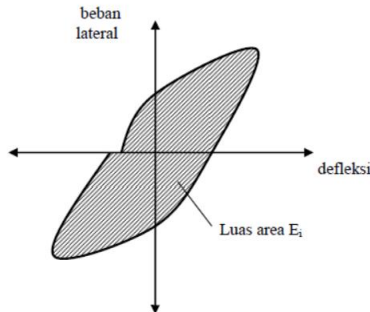


Gambar 2. 2 Grafik Perbandingan Nilai Defleksi atau Daktilitas

### 2.2.2 Disipasi Energi Struktur Bangunan Tahan Gempa

Pada struktur bangunan gedung yang mendapat gaya lateral siklis akan mengalami siklus disipasi energi, dimana semakin stabil dan besar suatu siklus disipasi energi bangunan maka semakin baik dalam mempertahankan kekakuan struktur. Kapasitas disipasi energi ( $E_d$ ) merupakan parameter yang penting untuk struktur yang direncanakan dengan beban gempa dengan periode ulang yang lama.

Untuk menentukan besarnya nilai disipasi energi ( $E_d$ ) dapat dicari dengan menghitung dari luas area *hysteresis loop* seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Nilai Disipasi Energi ( $E_d$ ) Dalam Satu Siklus

## 2.3 Struktur Rangka Baja Tahan Gempa

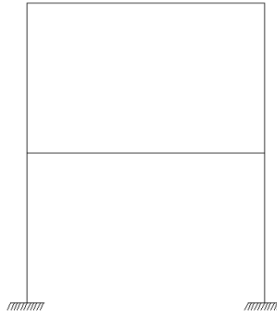
Untuk memikul beban lateral yang dialami oleh bangunan, struktur harus memiliki daktilitas yang memadai di daerah *joint* atau elemen struktur tahan gempa seperti bresing, *link*, atau dinding geser. Sistem struktur tahan gempa untuk bangunan baja dibedakan menjadi berikut :

1. *Moment Resisting Frame* (MRF),
2. *Concentrically Braced Frame* (CBF),
3. *Eccentrically Braced Frame* (EBF/SRBE).

### 2.3.1 *Moment Resisting Frame* (MRF)

MRF mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik, namun perlu adanya simpangan antar lantai yang cukup besar agar timbul sendi-sendi plastis pada balok yang akan berfungsi untuk menyerap gaya lateral. Adanya simpangan yang besar menyebabkan kerugian pada sistem ini, akibatnya struktur menjadi tidak kaku dan timbulnya kerusakan non-struktural yang sangat besar terutama pada bangunan yang tinggi. Pada sistem MRF, sambungan antar balok ke kolom harus didesain cukup kuat untuk memperkuat kekuatan balok dan mengurangi risiko *brittle* pada sambungan balok kolom. Tanpa adanya pengaku pada rentang balok yang cukup lebar sistem MRF ini dapat memberikan deformasi yang cukup besar dibandingkan dengan portal baja tahan gempa lainnya, sistem ini memiliki ukuran elemen struktur yang

jauh lebih besar untuk menjaga deformasi strukturnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2. 4 *Moment Resisting Frame* (MRF)

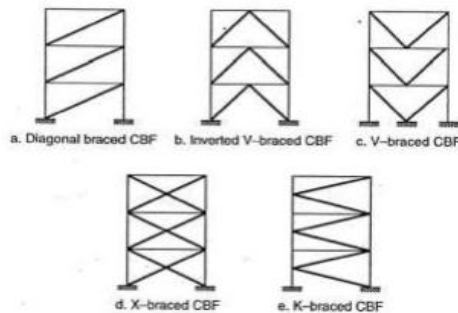
Berdasarkan daktilitasnya MRF terbagi dalam 2 kategori yaitu, *Special Moment Resisting Frame* atau Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan *Ordinary Moment Resisting Frame* atau Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)  
 SRPMK adalah suatu struktur rangka batang pemikul momen yang dipasang secara horizontal. SRPMK didesain memiliki daktilitas yang tinggi dan pada sistem ini ada suatu segmen khusus yang terdiri dari beberapa panel dengan batang-batangnya direncanakan mengalami deformasi inelastik yang cukup besar pada segmen khusus saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana. Deformasi inelastik akan meningkatkan damping dan mengurangi kekakuan (*stiffness*) dari struktur.
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)  
 SRPMB dapat mengalami deformasi inelastik yang terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya akibat gaya gempa rencana. Pada SRPMB kekakuan (*stiffness*) lebih besar dibandingkan SRPMK sehingga daktilitasnya lebih kecil.



### 2.3.2 *Concentrically Braced Frame (CBF)*

Tidak seperti *Momen Resisting Frame (MRF)*, dimana *Concentrically Braced Frame (CBF)* adalah sistem penahan gaya lateral dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi. Hal ini bertolak belakang dengan SRPM yang hanya bisa digunakan sebagai penahan momen. Kekakuan yang tinggi diperoleh dari diagonal *brace* yang menahan gaya lateral pada struktur rangka yang meningkatkan aksi gaya dalam aksial dan aksi lentur yang kecil. Rangka bresing pada umumnya dianalisa dan didesain dengan mengabaikan momen pada sistem tersebut (*AISC, 2005*). Pada sistem ini elemen bresing diharapkan mampu berdeformasi inelastik yang besar tanpa terjadi kehilangan yang signifikan pada kekuatan dan kekakuan struktur.



Gambar 2. 5 Konfigurasi *Concentrically Braced Frame (CBF)*  
(Sumber : Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)

Distribusi beban lateral pada bidang bresing, batang-batang bresing harus dipasang dengan arah gaya lateral yang sejajar pada bidang bresing, minimal 25% tapi tidak lebih dari 75% gaya horizontal total harus dipikul oleh batang bresing tarik, kecuali jika kuat nominal tekan  $N_n$  untuk setiap batang bresing lebih besar daripada beban berfaktor  $N_u$  (*SNI 1726:2012*).

Kategori struktur pada sistem struktur CBF dibagi menjadi dua, yaitu Sistem Rangka Bresing Konsentrik Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK).

- a. Sistem Rangka Bresing Konsentrik Biasa (SRBKB)  
Pada sistem SRBKB ini struktur dapat mengalami deformasi inelastik secara terbatas apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari gempa rencana.
- b. Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK)  
Pada sistem SRBKK struktur dapat berdeformasi inelastik cukup besar yang diakibatkan gaya gempa rencana. Sistem SRBKK memiliki daktilitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan SRBKB, hal ini dikarenakan deformasi pada SRBKK lebih besar dari deformasi pada SRBKB dan penurunan kekuatan pada SRBKK lebih kecil pada saat terjadi tekuk pada bresing.

Maka secara umum, sistem struktur CBF memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur MRF karena adanya elemen bresing pada struktur. Namun demikian, kekakuan yang besar pada CBF mengakibatkan deformasi yang terjadi pada struktur lebih terbatas sehingga daktilitas struktur CBF lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem struktur MRF.

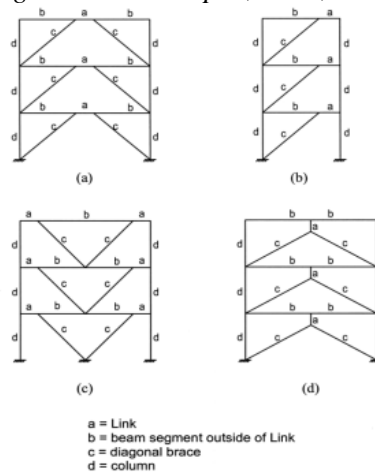
### **2.3.3 *Eccentrically Braced Frame (EBF/SRBE)***

SRBE merupakan pengembangan konsep dari dua sistem rangka yang ada sebelumnya yaitu sistem MRF dan CBF. Sistem MRF memiliki nilai daktilitas dan disipasi energi yang besar serta stabil namun mempunyai kekakuan yang lebih rendah daripada CBF, sedangkan CBF sendiri tidak memiliki kapasitas disipasi energi sebaik sistem MRF namun memiliki kekakuan elastik yang tinggi. SRBE mengkombinasikan kelebihan kedua struktur tersebut, sehingga SRBE memiliki elastisitas yang tinggi, respon inelastik yang baik saat terkena muatan lateral siklis, dan daktilitas serta kapasitas disipasi energi yang besar.

SRBE adalah suatu sistem rangka baja yang terdiri dari balok, kolom, dan pengaku dimana pada ujung dari bagian pengakunya terdapat suatu elemen yang menggabungkan antar bagian dari sistem rangka yang disebut *link*. Elemen ini sangat penting dalam desain SRBE yang diharapkan sebagai elemen yang

menyerap energi gempa dengan proses plastifikasi. Pada elemen yang rusak tersebut digunakan sebagai sarana pemencaran energi, hal ini dikarenakan area plastis tersebut memiliki rentang regangan energi yang begitu besar untuk bisa dimanfaatkan (Budiono, 2010).

Konsep desain tahan gempa SRBE adalah elemen *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Kelelahan yang terjadi pada elemen *link* dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut. (Engelhardt dan Popov, 1989;1992)

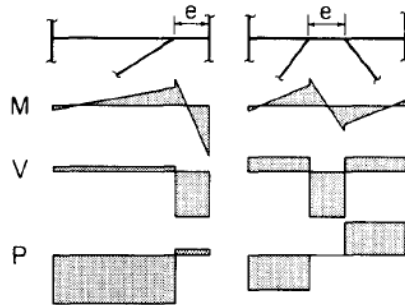


Gambar 2. 6 Konfigurasi *Link* Pada Beberapa Sistem Portal  
(Sumber : AISC)

Mekanisme leleh pada *link beam* tergantung dari panjang *link beam* yang akan digunakan. Jika panjang *link beam* lebih pendek, maka struktur portal menjadi lebih kaku mendekati kekakuan struktur CBF dan jika panjang *link beam* lebih panjang, maka kekakuan struktur mendekati struktur MRF. Sehingga dalam perencanaannya elemen struktur diluar *link beam* harus didesain untuk berperilaku elastik sedangkan pada bagian *link beam*

didesain untuk dapat berdeformasi inelastik pada saat terjadi beban lateral (gempa).

Dalam mendesain *link beam* harus memperhatikan gaya yang bekerja pada struktur seperti momen ( $M$ ), geser ( $V$ ) dan axial ( $P$ ) pada balok dan *link*. Pada struktur SRBE gaya yang bekerja saat terkena beban lateral (gempa) dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2. 7 Gaya Yang Bekerja Pada *Link Beam* dan Balok  
(Sumber : AISC)

Pada Gambar 2.7, dapat diketahui bahwa *link* mendapatkan gaya geser yang tinggi di semua bagian *link* dan momen yang besar pada ujung-ujungnya. Jika *link* terlalu pendek, pada saat terjadi penambahan beban lateral *link* akan leleh terhadap geser namun momen yang terjadi relatif kecil pada ujung-ujungnya. Apabila *link* terlalu panjang, maka akan terjadi momen plastis pada sendi-sendi di ujung *link* tetapi sedikit atau tanpa mengalami leleh akibat geser. Sehingga bisa disimpulkan apabila *link* yang terlalu panjang disebut *link* momen, sedangkan *link* yang terlalu pendek disebut *link* geser.

Pada struktur SRBE ini, elemen struktur di luar *link beam* (balok, kolom, dan bracing) di desain berdasarkan kapasitas *link beam*. Dengan membuat *link beam* lebih lemah dari elemen struktur lainnya, sehingga diharapkan kehancuran daktail hanya terjadi pada *link beam* dan elemen-elemen diluar *link beam* hanya mengalami kehancuran non daktail.

### 2.3.4 Konsep Perencanaan Elemen *Link* (SRBE)

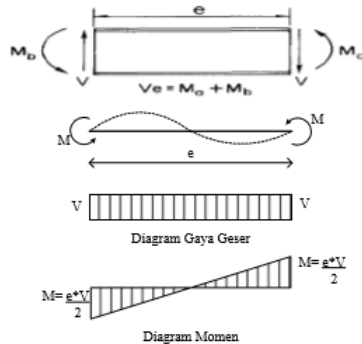
Untuk dapat mendesain suatu SRBE hal-hal yang harus diperhatikan agar menghasilkan kekuatan struktur yang baik adalah sebagai berikut :

1. Tiga Variabel utama dalam mendesain SRBE adalah konfigurasi pengaku, panjang *link* dan profil *link* yang dipakai (Becker, 1996).
2. *Link* adalah elemen terlemah dalam SRBE, dan elemen struktur yang lain seperti balok, kolom dan sambungan harus lebih kuat dari *link* (Engelhardt, 2007).
3. Dapat dipasang *stiffener* dan pengaku lateral untuk menunjang daktilitas (Engelhardt, 2007).
4. Cek *link* agar dapat memenuhi daktilitas yang diperlukan (Engelhardt, 2007).

SRBE diharapkan dibangun dengan deformasi inelastik yang signifikan pada *link* saat subjek/struktur mengalami gaya yang dihasilkan oleh gaya gempa. Pengaku diagonal, kolom, dan bagian balok diluar elemen *link* harus didesain untuk memikul sisa tegangan elastik dibawah tegangan maksimum yang dihasilkan dari *link* pada saat leleh penuh dan saat mencapai tegangan tinggi (Bruneau, dkk, 1998).

#### 2.3.4.1 Kuat Elemen *Link Beam*

*Link beam* merupakan elemen pada SRBE yang didesain untuk mengalami kelelahan lebih awal pada saat beban lateral (gempa) bekerja. Elemen ini memiliki perilaku sebagai balok pendek yang mengalami gaya geser pada kedua ujungnya dengan arah yang berlawanan. Karena adanya gaya geser pada kedua ujung *link*, maka momen yang dihasilkan pada kedua ujungnya memiliki besar dan arah yang sama.



Gambar 2. 8 Gaya Yang Bekerja Pada *Link*  
(Sumber : Engelhart dan Popov, 1988 ; Becker dan Isler, 1996)

Selain didesain lebih lemah dan harus mengalami kelelahan lebih awal dari pada elemen stuktur yang lain, *link beam* juga di desain untuk berperan dalam menyerap energi dengan stabil. Dalam menyerap energi *link beam* menggunakan mekanisme sendi plastik (*fully plastic hinge mechanism*), dimana *link* tidak diperbolehkan mengalami tekuk elastik dan tekuk inelastik (*partially plastic buckling*) sebelum rotasi sendi plastik yang telah diatur dalam peraturan tercapai kapasitasnya.

Oleh karena itu dalam pemilihan penampang *link* yang akan digunakan harus memenuhi peraturan yang berlaku, serta mendesain dengan memperhatikan batasan kelangsingan pada modulus elastisitas ( $E$ ) dan mutu baja ( $f_y$ ) yang akan dipakai.

#### 2.3.4.2 Panjang Elemen *Link Beam*

Menentukan panjang elemen *link beam* merupakan salah satu faktor yang penting dalam mendesain SRBE. Panjang *link* ( $e$ ) berfungsi untuk menentukan mekanisme kelelahan *link*, kapasitas energi disipasi *link* dan kegagalan *ultimate* pada elemen *link*. Selain itu panjang *link* ( $e$ ) juga berfungsi mengontrol mekanisme leleh yang terjadi pada *link* serta menentukan perilaku inelastik elemen *link*. Persyaratan panjang *link* ( $e$ ) disesuaikan dengan klasifikasi

*link* berdasarkan perbedaan panjang pada (AISC, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*).

Secara umum terdapat 2 jenis *link* berdasarkan panjangnya, yaitu *link* geser (*short link*) dan *link* lentur (*long link*). Untuk *link* geser (*short link*), perilaku inelastik dicapai terlebih dahulu oleh gaya geser sebelum momen lentur mencapai kapasitas plastisnya dan *link* mengalami leleh dalam geser. Sedangkan pada *link* lentur (*long link*) bersifat sebaliknya dari *link* geser (*short link*) dimana perilaku inelastik dicapai oleh momen terlebih dahulu sehingga kelelahan lentur terjadi lebih dahulu daripada *link*.

### 2.3.4.3 Sudut Rotasi Elemen *Link Beam*

Sudut rotasi pada elemen *link beam* berfungsi menunjukkan adanya penyimpangan yang terjadi pada rangka, dengan terbentuknya sudut inelastik antara *link beam* dan balok di samping *link*. Sudut rotasi pada *link beam* terjadi ketika besarnya total *story drift* sama dengan desain *story drift*, ( $\theta$ ). Dalam merencanakan struktur penahan gempa menggunakan SRBE besarnya rotasi pada *link beam* perlu untuk diperhitungkan, untuk menentukan besarnya rotasi akan lebih mudah dengan menggunakan mekanisme disipasi energi atau mekanisme kehancuran.

Pada Gambar 2.9 menjelaskan mekanisme kehancuran dari SRBE dimana dalam mendesain besar dari kebutuhan rotasi *link* ( $\gamma$ ) harus lebih besar dari ( $\theta$ ), dengan perumusan sebagai berikut :

$$\gamma = \frac{L}{e} \theta \quad (2.3)$$

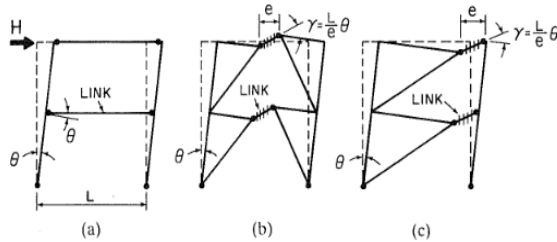
Dimana :

$\gamma$  = Rotasi *link*

$L$  = Panjang balok

$e$  = Panjang *link*

$\theta$  = Besar penyimpangan struktur



Gambar 2. 9 Sudut Rotasi *Link Beam*  
(Sumber : Engelhart dan Popov, 1988)

#### 2.3.4.4 Pendetailan Elemen *Link Beam*

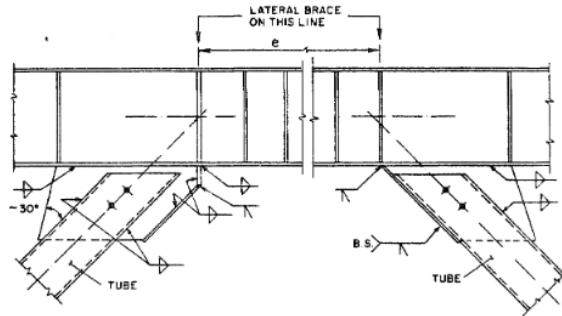
Pendetailan pada elemen *link beam* bertujuan untuk memberi perkuatan pada *link beam* agar terkontrol dalam menerima beban lateral (gempa). Salah satu perkuatannya yaitu dengan memberikan *full depth stiffeners* pada ujung dan tengah-tengah *link*. *Full depth stiffeners* dibutuhkan pada kedua ujung *link* untuk mentransfer gaya geser pada elemen penahan, sedangkan pada bagian tengah-tengah *link* (*link intermediate web*) agar efektif dalam menahan tekuk geser pada *web link* dan dalam membatasi pengurangan kekuatan (*strength degradation*) akibat adanya *flange local buckling* dan lateral torsional *buckling*. Pengaku disambungkan ke *link web* dan *link flanges* dengan cara di las (*fillet welded*).

Adapun ketentuan jarak dan tebal *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam* antara lain :

- Untuk panjang *link*  $e \leq 1,6 M_p/V_p$ , maka harus disediakan *intermediate web stiffeners* dengan jarak spasi interval tidak melebihi  $30t_w - d/5$  untuk sudut rotasi *link* 0,08 radian atau  $52t_w - d/5$  untuk sudut rotasi *link* 0,02 radian.
- Intermediate web stiffeners* harus *full depth*. Untuk tinggi penampang *link* yang kurang dari 25 inch (635 mm), maka pengaku hanya diperlukan pada satu sisi saja (sisi depan) pada *link web*. Ketebalan pengaku pada satu sisi tersebut tidak boleh kurang dari  $t_w$  atau 3/8 inch (10 mm) (pilih yang terbesar) dan lebarnya tidak kurang dari  $b_f/2 - t_w$ .



- c. Syarat dari ketebalan dari *fillet weld* (las) yang menghubungkan pengaku dengan *link web* adalah  $A_{st}f_y$  (LRFD), sedangkan untuk pengaku ke *link flange* adalah  $A_{st}f_y/4$  (LRFD) yang mana  $A_{st}$  adalah area dari pengaku.



Gambar 2. 10 Detailing Pada *Link Beam*  
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)

### 2.3.4.5 Klasifikasi Jenis Link

Berdasarkan ukuran panjang *link* ( $e$ ), dikenal klasifikasi jenis *link* sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Klasifikasi *Link Beam*

Jenis <i>Link</i>	Syarat <i>Link</i>	Keterangan
Geser murni	$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p}$	Leleh pada <i>link</i> didominasi oleh geser penuh
Dominan geser	$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p}$	Leleh pada <i>link</i> didominasi oleh geser
Dominan lentur	$\frac{2,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{5M_p}{V_p}$	Leleh pada <i>link</i> didominasi oleh lentur
Lentur murni	$e \geq \frac{5M_p}{V_p}$	Leleh pada <i>link</i> disebabkan oleh lentur

Dimana :

$M_p$  = Momen plastis penampang *link* =  $Z_x \cdot f_y$

$V_p$  = Gaya geser plastis penampang (badan) *link* =  $0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f)$

$f_y$  = Tegangan leleh nominal penampang

$Z_x$  = Modulus plastis penampang *link*

*Link* geser atau *link* pendek memiliki kinerja yang baik dalam mendisipasi energi gempa melalui deformasi inelastik geser pada pelat badan *link* yang ditunjukkan dengan kurva histeresis yang ‘gemuk’ dan stabil. Dengan demikian, variasi panjang *link* akan menentukan tingkat kinerja SRBE.

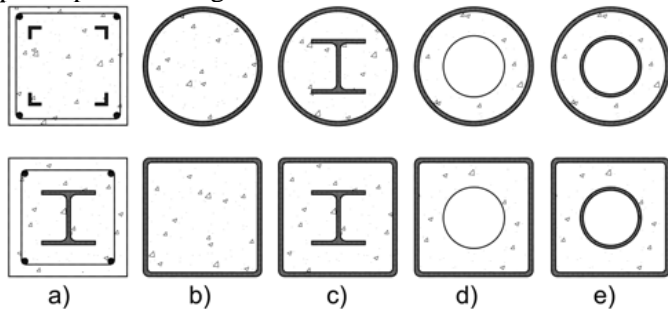
## 2.4 Kolom *Concrete-Filled Steel Tube* (CFT)

Kolom merupakan bagian yang paling vital dalam struktur karena kolom menerima beban aksial, beban lateral, dan momen yang terjadi akibat pembebanan. Beban yang telah diterima oleh kolom akan diteruskan menuju pondasi, sehingga tidak boleh terjadi kegagalan pada stuktur kolom maupun hubungan balok-kolom (*beam column joint*) karena akan mengakibatkan keruntuhan (*collapse*) pada bangunan tersebut. Untuk menghindari terjadinya keruntuhan pada bangunan pemilihan material dan sistem kolom yang akan digunakan harus direncanakan dengan baik.

Dalam perencanaanya baja dan beton merupakan material yang sering digunakan dalam merencanakan struktur kolom. Material baja memiliki keunggulan berupa kekuatan tarik yang tinggi dan sangat daktil, sementara material beton memiliki keunggulan dalam kekuatan dan kekakuan tekan yang baik. Seiring berjalannya waktu banyak dilakukan penelitian untuk menemukan sistem kolom baru yang lebih efektif dan efisien, salah satunya adalah kolom *Concrete-Filled Steel Tube* (CFT).

Kolom *Concrete-Filled Steel Tube* (CFT) adalah salah satu jenis kolom komposit yang memanfaatkan keunggulan kuat tarik yang tinggi dan daktilitas pada struktur baja, serta kekuatan dan kekakuan tekan pada sistem struktur beton. Bentuk kolom CFT sendiri terdiri dari pelat baja berongga melingkar atau persegi

panjang yang diisi atau disentrifugasi tanpa perkuatan beton maupun diperkuat dengan beton.



Gambar 2. 11 Tipe-Tipe Kolom Komposit : *Concrete Encased Steel* (CES) (a), CFT (b), Kombinasi CES dan CFT (c), CFT Dengan Penampang Baja Berongga (d), dan Penampang Baja Berongga Pada Bagian Dalam dan Luarnya. (Sumber : Kuranovas, Kvedaras, 2007)

Kolom CFT memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan kolom beton bertulang biasa. Keunggulan utama pada kolom CFT adalah sebagai berikut :

a. Interaksi Antara Tabung Baja dan Beton

Tekuk lokal dari tabung baja tertunda dan penurunan kekuatan setelah tekuk lokal dapat dikendalikan karena ditahan oleh beton. Di sisi lain kekuatan beton meningkat karena tabung baja berperan sebagai bekisting yang mengikat beton dan membatasi retak pada beton, sehingga kerusakan yang terjadi tidak terlalu parah. Terjadinya susut dan rangkai pada beton jauh lebih kecil jika dibandingkan kolom beton bertulang biasa.

b. Kemampuan Penampang

Penggunaan tabung baja pada kolom CFT lebih besar dalam menahan tekanan tinggi dan tekanan yang tidak terkendali jika dibandingkan dengan kolom beton bertulang biasa dan *Concrete Encased Steel* (CES). Letak tabung baja pada bagian

luar kolom CFT memberikan dampak baja menjadi lebih plastis ketika menerima lentur.

c. Efisiensi Pada Saat Konstruksi

Penggunaan tenaga kerja untuk memasang bekisting dan merangkai tulangan bisa dikurangi dan pengecoran beton menggunakan pompa. Efisiensi penggunaan kolom CFT berdampak pada bersihnya pada saat pelaksanaan, pengurangan tenaga kerja, biaya konstruksi dan menghemat waktu konstruksi.

d. Ketahanan Terhadap Api

Adanya beton pada kolom CFT meningkatkan ketahanan terhadap api, sehingga penggunaan bahan tahan api dapat dikurangi atau dihilangkan pada kolom CFT.

e. Biaya Pelaksanaan

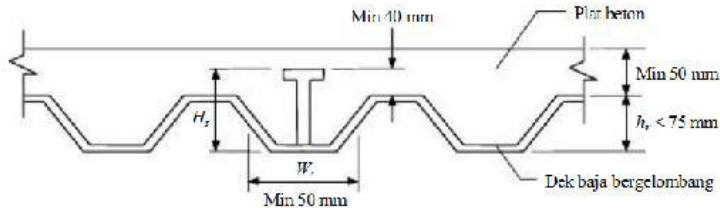
Karena beberapa keunggulan dan manfaat yang telah dijelaskan di atas, optimasi biaya pelaksanaan yang lebih baik dapat diperoleh dengan mengganti kolom struktur baja dengan kolom CFT.

f. Ekologi Lingkungan

Penggunaan kolom CFT mengurangi penggunaan bekisting kayu dengan menggunakan tabung baja sebagai bekisting sehingga turut menjaga ekologi lingkungan. Beton yang digunakan pada kolom CFT menggunakan beton mutu tinggi dengan agregat daur ulang.

## 2.5 *Steel Floor Deck*

*Steel floor deck* yaitu suatu material yang bisa difungsikan sebagai media pengganti konvensional berbentuk papan lembar yang terbuat dari bahan baja galvanis berkekuatan tinggi. Biasanya *steel floor deck* dipakai sebagai pengganti bekisting dalam proses pembuatan lantai atau atap dari beton dan juga berfungsi sebagai penulangan positif satu arah. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mulai mengeras. Arah dari gelombang dek baja biasanya diletakkan tegak lurus balok penompangnya.



Gambar 2. 12 Penampang *Steel Floor Deck*  
(Sumber : SNI 1729:2002)

## 2.6 Sambungan

Sambungan merupakan sesuatu hal yang tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan struktur baja. Hal ini dikarenakan bentuk struktur bangunan yang begitu kompleks. Contoh yang dapat kita jumpai di struktur bangunan adalah sambungan antara kolom dan balok. Kegagalan dalam sambungan tersebut dapat mengakibatkan perubahan fungsi struktur bangunan tersebut, dan yang paling berbahaya adalah keruntuhan pada struktur tersebut. Sehingga untuk mencegah hal tersebut maka kekakuan sambungan antara balok dan kolom tersebut harus baik.

Sambungan berdasarkan atas kemampuan tahanan terhadap perputaran yang dibagi 2 type yaitu :

1. *Type Fully Restrained* (FR) yaitu penahan penuh atau *rigid* mempunyai tahanan yang kaku dan tidak dapat berputar.
2. *Type Partially Restrained* (PR) yaitu penahanan tidak penuh, tidak cukup *rigid* untuk mempertahankan sudut akibat beban.

Pada kenyataannya bahwa tidak ada sambungan yang benar-benar *rigid* sempurna atau *flexible* sempurna. Sehingga sambungan dapat diklasifikasikan :

1. *Simple Connection* (Sambungan Sendi)
  - Sambungan dapat memberikan perputaran pada ujung balok secara bebas.
  - Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap elemen struktur yang disambung.

- Detail sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi yang cukup.
  - Dapat memikul gaya reaksi yang bekerja.
2. *Semi-Rigid Connetion* (antara *simple* dan *rigid*)
- Sambungan tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antara elemen yang disambung.
  - Dianggap mempunyai kapasitas yang cukup untuk memberikan tahanan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut tersebut.
  - Tingkat kapasitas tersebut terhadap beban yang bekerja ditetapkan berdasarkan percobaan.
3. *Rigid Connection*
- Sambungan dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut diantara elemen-elemen yang disambung.

## 2.7 Pondasi

Pondasi merupakan elemen terpenting dalam sebuah perencanaan struktur, dimana merencanakan pondasi termasuk satu kesatuan dalam mendesain suatu struktur bangunan bertingkat tahan gempa. Posisi pondasi dalam struktur terletak di bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah serta berfungsi menahan gaya beban di atasnya dan meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Maka dari itu dalam perencanaannya pondasi harus di desain menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat dan stabil (*solid*).

Pada saat merencanakan pondasi suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Dalam pemilihan suatu tipe pondasi harus mengacu pada fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut. Selain dari segi fungsi bangunan, berat dari bangunan atas (*upper structure*), besarnya beban yang diterima, kondisi tanah dimana bangunan akan didirikan serta struktur bangunan ditinjau dari segi ekonomisnya termasuk beberapa faktor penting dalam pemilihan tipe pondasi yang akan digunakan.

Tipe Pondasi bangunan biasanya dibedakan menjadi dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Dalam menentukan suatu bangunan tersebut akan menggunakan pondasi dangkal atau dalam, dengan melihat letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D \leq B$ ) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi :

#### 1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

##### a. Pondasi Telapak

Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.13 a)

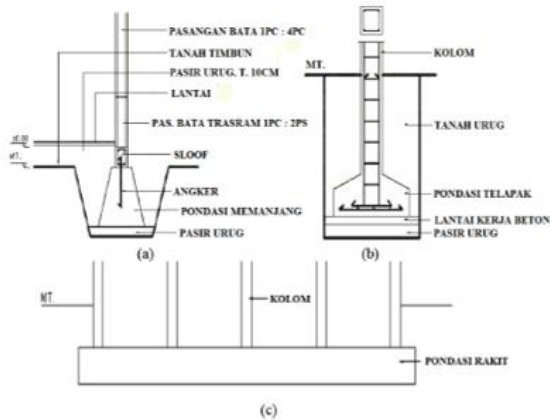
##### b. Pondasi Memanjang

Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.13 b)

##### c. Pondasi Rakit (*Raft Foundation*)

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom- kolom jaraknya sedemikian dekat disemua

arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.13 c)



Gambar 2. 13 Jenis Pondasi Dangkal  
(Sumber : Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

## 2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti :

### a. Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

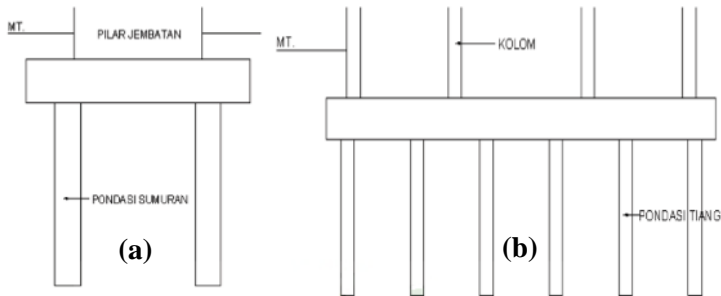
Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebar ( $B$ ) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$ . (Gambar 2.14 a)

### b. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman



yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.14 b)



Gambar 2. 14 Jenis Pondasi Dalam  
(Sumber : Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

c. Pondasi Tiang Bor (*Bore Pile Foundation*)

Pondasi tiang bor merupakan salah satu alternatif pemakaian pondasi dalam selain pondasi tiang pancang. Istilah tiang bor dipakai ketika dalam pemasangan tiang tersebut, dibuat lubang pada tanah pada kedalaman tertentu dengan cara dibor, kemudian dimasukan rangkaian tulangan dan selanjutnya dimasukanadukan beton Diameter tiang bor pada umumnya dipakai  $\geq 75$  cm, dan mutu beton yang digunakan rendah, berhubung sangat sulit dikontrol. (Untung, 2010).

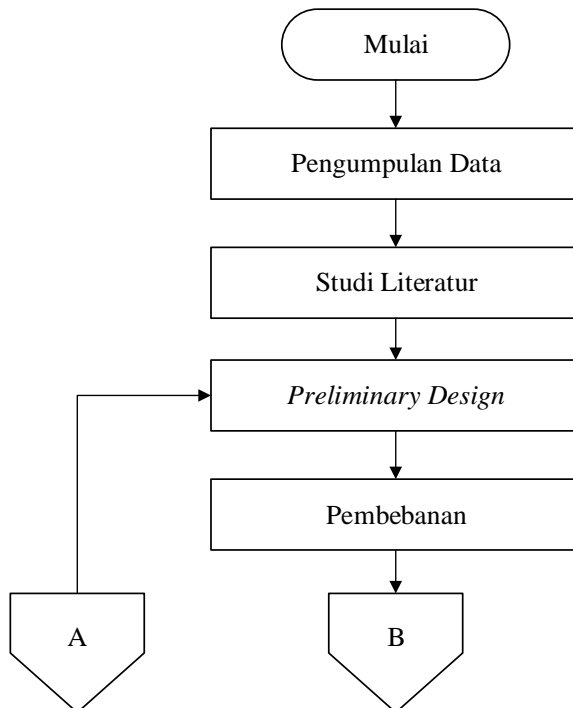
*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## BAB III METODOLOGI

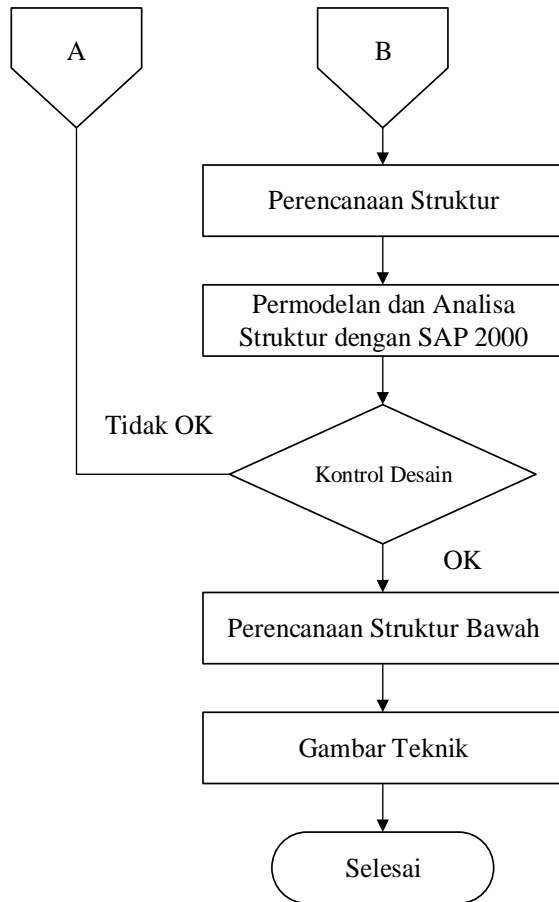
### 3.1 Diagram Alir Penyelesaian Modifikasi Desain Bangunan

Untuk memodifikasi desain suatu struktur bangunan diperlukan metodologi atau langkah-langkah dalam memodifikasi desain bangunan agar pada saat pengerjaanya lebih sistematis dan terstruktur.

Langkah – langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan modifikasi desain bangunan ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir



Gambar 3. 2 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir (Lanjutan)

### 3.2 Metodologi Pengerjaan Modifikasi Desain Bangunan

Dari diagram alir di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### 3.2.1 Pengumpulan Data

Sebelum memulai mendesain dan menganalisa dilakukan pengumpulan data yang valid seperti data umum bangunan, data tanah dimana lokasi bangunan akan di bangun serta data lain yang dapat membantu proses pengerjaan tugas akhir. Pengumpulan data yang didapat adalah sebagai berikut :

a. Data Umum Bangunan :

1. Nama Gedung : Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED
2. Lokasi : Purwokerto
3. Fungsi : Sekolah
4. Jumlah Lantai : 8 Lantai dan 1 Lantai Atap
5. Tinggi Gedung : 33,6 m
6. Material Struktur : Beton bertulang
7. Sistem struktur : Sistem rangka pemikul momen

Pada Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya menggunakan material baja dengan data sebagai berikut :

1. Nama Gedung : Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED
2. Lokasi : Padang
3. Fungsi : Sekolah
4. Jumlah Lantai : 12 Lantai dan 1 Lantai Atap
5. Tinggi Gedung : 50,4 m
6. Material Struktur : Baja
7. Sistem struktur : Sistem rangka bresing eksentrik
8. Rencana Pondasi : Tiang pancang

b. Data Gambar Bangunan :

Data gambar berupa gambar arsitektur dan struktur bangunan. Gambar dapat dilihat pada lampiran.

c. Data Tanah :

Data tanah berupa grafik SPT. Data tanah dapat dilihat pada lampiran.

### 3.2.2 Studi Literatur

Dalam merencanakan desain struktur bangunan baja diperlukan studi terhadap literatur yang berkaitan mengenai

struktur bangunan baja. Literatur yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. *SNI 1726:2012* tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.
2. *SNI 1727:2013* tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
3. *SNI 1729:2015* tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.
4. *SNI 2847:2013* tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
5. Buku daya dukung pondasi dalam (Herman Wahyudi).
6. Buku perencanaan struktur baja dengan metode *LRFD* (Agus Setiawan).
7. Jurnal-jurnal yang berkaitan dengan SRBE.

### **3.2.3 Preliminary Design**

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan, material struktur dan dimensi profil yang akan digunakan. Perkiraan yang akan direncanakan adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan Struktur Sekunder meliputi :
  - Pelat lantai
  - Balok anak
  - Tangga
  - Balok *lift*
- b. Perencanaan Struktur Utama meliputi :
  - *Link Beam*
  - Dimensi balok induk
  - Dimensi kolom
  - Dimensi pengaku

### **3.2.4 Analisa Pembebanan**

Dalam melakukan perencanaan struktur bangunan harus memperhatikan beban-beban yang akan terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga diperlukannya suatu pendekatan dengan asumsi

yang mendekati keadaan yang sesungguhnya. Salah satu metode pendekatannya adalah dengan perhitungan beban struktur yang terdiri dari beberapa macam beban sebagai berikut :

1. Beban Gempa (SNI 1726:2012)
2. Kombinasi Pembebanan (SNI 1726:2013)
3. Beban Mati (SNI 1729:2013 Pasal 3)
4. Beban Hidup (SNI 1729:2013 Pasal 4)
5. Beban Angin (SNI 1729:2013 Pasal 26)

### 3.2.5 Konsep Perencanaan Struktur Baja

Melakukan langkah-langkah perhitungan dan perencanaan suatu struktur baja sesuai dengan konsep perencanaan dalam mendesain bangunan struktur baja.

#### a. Perencanaan Struktur Sekunder

Melakukan desain struktur sekunder sesuai dengan mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :

- Pelat Lantai
- Balok Anak
- Tangga
- Balok Penumpu *Lift*

#### b. Perencanaan Struktur Utama

Melakukan desain struktur primer sesuai mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :

- Desain Balok
- Desain Kolom
- Desain Elemen *Link Beam*

#### c. Perencanaan Sambungan

Melakukan perencanaan sambungan sesuai dengan mutu bahan dan bentuk struktur agar tidak menimbulkan perilaku yang mempengaruhi struktur lain.

### 3.2.6 Permodelan dan Analisa Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program bantu *SAP 2000 v14*.

### 3.2.7 Kontrol Desain Struktur Baja

Melakukan kontrol kemampuan semua struktur yang telah direncanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Kontrol kemampuan struktur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

#### 3.2.7.1 Kontrol Perencanaan Struktur Utama

Desain elemen struktur utama dikontrol berdasarkan peraturan pada *SNI 1729:2015* agar bangunan mampu memikul gaya-gaya yang diterima oleh struktur. Kontrol Struktur Utama meliputi :

##### a. Kolom

Kolom komposit CFT menerima beban kombinasi normal dan lentur maka syarat serta kontrolnya sebagai berikut :

- Kriteria Untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan
  - Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.1)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \quad (3.2)$$

- Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit

Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sebagai berikut :

- Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja sama di semua sisi.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.3)$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{kompak}) \quad (3.4)$$

$$\lambda_r = 3.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{tak kompak}) \quad (3.5)$$



$$5.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maks. yang diijinkan)} \quad (3.6)$$

- Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton.
  - Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.7)$$

Dengan,

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.8)$$

- Untuk penampang non kompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.9)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0.7 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.10)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0.7 f_c' \left( A_c + A_r \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.11)$$

- Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde pertama yang diperlukan,  $M_r$ , dan ketentuan aksial,  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.12)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.13)$$

Keterangan :

$B_1$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

$B_2$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\Delta$ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

$M_{lt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$M_{nt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$M_r$  = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBK.

$P_{lt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

$P_{nt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

$P_r$  = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

- Pengali  $B_1$  untuk Efek  $P-\delta$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.14)$$

Dimana ,

$\alpha = 1.00$  (DFBK)

$C_m$  = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut :

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.15)$$

Dengan  $M_1$  dan  $M_2$  dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung dari bagian komponen.

$P_{e1}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.16)$$

Dimana ,

$EI^*$  = Kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ( $= 0.8\tau_c EI$  bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan  $\tau_c$  adalah seperti ditetapkan pada Bab C *SNI 1729:2015* untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama)

$E$  = Modulus elastisitas baja 200000 MPa

$I$  = Momen inersia bidang lentur, mm<sup>4</sup>

$L$  = Panjang komponen struktur, mm

$K_1$  = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur.

- Pengali  $B_2$  untuk Efek  $P-\Delta$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}} \quad (3.17)$$

Dimana ,

$\alpha$  = 1.00 (DFBK)

$P_{story}$  = Beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral.

$P_{e\_story}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk *sidesway* atau sebagai berikut :

$$P_{e\_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.18)$$

Dimana ,

$$R_M = 1 - 0.15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{story}} \right)$$

$L$  = Tinggi tingkat, mm

$P_{mf}$  = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen.

$\Delta_H$  = Simpangan tingkat dalam orde pertama.

$H$  = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk mengitung  $\Delta_H$ , N

- Momen Nominal

Momen nominal pada kolom diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.19)$$

Keterangan :

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$\phi$  = faktor tahanan = 0,9

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja sama di semua sisi.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.20)$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.21)$$

$$\lambda_r = 1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.22)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.23)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left( 3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (3.24)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.25)$$

Dimana,

$S_e$  = Modulus penampang efektif yang ditentukan dengan lebar efektif,  $b_e$ , dari sayap yang diambil sebesar:

$$b_e = 1.92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left( 1 - \frac{0.38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.26)$$

- Persamaan Interaksi aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simetris komponen struktur komposit ditentukan berdasarkan.

- Untuk  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$  maka ,

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.27)$$

- Untuk  $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$  maka ,

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.28)$$

Keterangan :

$P_r$  = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

$P_c = \phi_c P_n$  = Kekuatan aksial desain, N

$M_r$  = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

$M_c = \phi_b M_n$  = Kekuatan lentur desain, Nmm

$\phi_c$  = Faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

$\phi_b$  = Faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

## b. Balok

Pada elemen balok bekerja gaya lentur dan gaya geser. Kapasitas lentur dan gaya geser harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (3.29)$$

Dimana ,

$M_u$  = Kuat lentur perlu atau momen maksimum hasil kombinasi beban sesuai ketentuan LRFD

$\Phi_b$  = Faktor ketahanan lentur, sebesar 0,9

$M_n$  = Kuat lentur nominal balok ditinjau terhadap berbagai kondisi batas (material atau geometri) sesuai prosedur

Pada perencanaan elemen balok harus dilakukan pengecekan terhadap hal- hal sebagai berikut:

## a. Cek terhadap kelangsingan penampang

Sayap (*flange*):

- Penampang kompak

$$\lambda = \frac{b}{t_f} \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.30)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.31)$$

$$\lambda_r = 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.32)$$

Badan (*web*):

- Penampang kompak

$$\lambda = \frac{d - 2(t_f + r)}{t_w} \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.33)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.34)$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.35)$$

Jika  $\lambda > \lambda_r$ , maka penampang termasuk penampang langsing,  
Dimana,

$\lambda$  = faktor kelangsingan penampang

$c$  = batas kelangsingan untuk penampang kompak

$h$  = tinggi penampang

$bf$  = lebar sayap

$tw$  = tebal badan

$tf$  = tebal sayap

$f_y$  = tegangan leleh baja

$r$  = jari-jari kelengkungan

$\lambda_r$  = batas kelangsingan untuk penampang non kompak

$f_r$  = tegangan residu, untuk penampang buatan pabrik 70 Mpa dan jika penampang buatan dilas 115 Mpa

b. Cek terhadap kapasitas lentur penampang

- Penampang kompak

$$M_n = M_p \quad (3.36)$$

$$M_p = F_y Z_x \quad (3.37)$$

c. Cek terhadap tekuk torsi lateral

- Bentang Pendek

Syarat bentang pendek:  $L_b < L_p$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.38)$$

Kapasitas lentur:  $M_n = M_p$

- Bentang menengah

Syarat bentang menengah:  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} \quad (3.39)$$

Dimana ,

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{12 t_w}{6 b_f t_f}\right)}} \quad (3.40)$$

$$C_w = \frac{1}{24} t_f b^3 (h - 2t_f)^2 \quad (3.41)$$

Kapasitas lentur :

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.42)$$

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3 \quad (3.43)$$

Keterangan:

$C_b$  = koefisin pengali momen tekuk lateral

$M_{\max}$  = harga absolute momen max pada segmen tanpa pengaku lateral pada sebuah balok ( $L_b$ ).

$L_b$  = panjang bentang antara dua pengaku lateral

$L_p$  = panjang bentang maksimum untuk balok yang dapat menerima beban plastis

$L_r$  = panjang bentang minimum balok yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral

$M_A$  = momen pada  $\frac{1}{4}$  bentang  $L_b$

$M_B$  = momen pada  $\frac{1}{2}$  bentang  $L_b$

$M_C$  = momen pada  $\frac{3}{4}$  bentang  $L_b$

$E$  = Modulus elastisitas baja

$r_y$  = jari-jari girasi terhadap sumbu y (sumbu lemah)

$G$  = Modulus geser baja

$J$  = konstanta puntir torsi

$C_w$  = kostanta warping penampang

$S_x$  = modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat

$h_o$  = jarak antar titik elemen sayap

- Bentang panjang

Syarat bentang panjang:  $L_b > L_r$

Kapasitas lentur:  $M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (3.44)$$



d. Cek nominal geser

Kuat geser nominal,  $V_n$  pelat badan dari profil simetris tunggal atau ganda atau profil UNP, yang direncanakan tanpa memanfaatkan kekuatan pasca-tekuk, ditentukan dari kondisi batas akibat leleh dan tekuk akibat geser sebagai berikut :

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \quad (3.45)$$

- Untuk badan profil I *hot-rolled* jika

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ maka}$$

$$\phi_v = 1.0 \text{ dan } C_v = 1.0 \quad (3.46)$$

- Profil yang tidak memenuhi persyaratan diatas, tetapi simetris ganda atau tunggal maka  $C_v$  ditetapkan dari kelangsingan pelat badan atau rasio  $h/t_w$  dalam tiga kategori berikut :

$$1. \text{ Jika } \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad (3.47)$$

$$C_v = 1.0$$

$$2. \text{ Jika } 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad (3.48)$$

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.49)$$

$$3. \text{ Jika } \frac{h}{t_w} \geq 1,37 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad (3.50)$$

$$C_v = \frac{1,51k_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_y} \quad (3.51)$$

Koefisien tekuk geser pelat badan,  $k_v$  ditentukan sebagai berikut :

- Untuk badan tanpa *pengaku transversal* dan dengan

$$\frac{h}{t_w} \leq 260, \quad \text{maka } k_v = 5,$$

kecuali untuk badan profil T dimana,  $k_v = 1, 2$

- Untuk badan dengan *pengaku transversal*, maka

$$k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a/h}{h}\right)^2} \quad (3.52)$$

$$k_v = 5 \text{ bila } a/h > 3,0 \text{ atau } a/h > \left[ \frac{260}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \right]^2 \quad (3.53)$$

Keterangan:

$V_n$  = kapasitas nominal geser penampang

$V_u$  = kapasitas geser perlu

$A_w$  = luas pelat badan ( $A_w = d \cdot t_w$ )

$h$  = tinggi penampang

#### c. Desain Elemen *Link Beam*

##### 1. Kuat Elemen *Link*

Kekuatan (geser dan lentur) batas pada elemen *link* ditentukan dengan persamaan berikut :

$$M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3.54)$$

$$V_p = 0,6f_y(h - 2t_f)t_w \quad (3.55)$$

Dimana:

$M_p$  = Momen plastis penampang

$Z_x$  = Modulus plastis penampang

$f_y$  = Tegangan leleh penampang

$V_p$  = Gaya geser plastis penampang

$h$  = Tinggi penampang

$t_f$  = Tebal *flens*

$t_w$  = Tebal *web*

## 2. Panjang *Link Beam*

Ketentuan mengenai panjang *link* ( $e$ ) adalah sebagai berikut:

*Link* geser (*short links*):

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (3.56)$$

*Link* medium (*intermediate links*):

$$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3.57)$$

*Link* lentur (*short links*):

$$e \geq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3.58)$$

Dimana :

$M_p$  = momen plastis penampang *link* =  $Z_x \cdot f_y$

$V_p$  = gaya geser plastis penampang (badan) *link*.

$x$  = modulus plastis penampang *link*.

## 3. Sudut Rotasi *Link Beam*

Sudut rotasi *link* beam seharusnya tidak melebihi nilai berikut:

- 0,08 radian untuk panjang *link*  $e \leq 1,6M_p/V_p$
- 0,02 radian untuk panjang *link*  $e \geq 2,6M_p/V_p$
- Interpolasi linier antara 0,08-0,02 radian jika panjang *link*  $1,6M_p/V_p \leq e \leq 2,6M_p/V_p$

## d. Perencanaan Sambungan

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama ( $\phi R_n$ ) menurut SNI 1729:2015 Pasal J3.6 sebagai berikut :

$$R_n = F_n A_b \quad (3.59)$$

Dimana,  $\phi = 0.75$

Keterangan :

$A_b$  = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir,

$F_n$  = tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$ , atau tegangan geser,  $F_{nv}$

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut SNI 1729:2015 Pasal J3.7 :

$$R_n = F'_{nt} A_b \quad (3.60)$$

Dimana ,  $\phi = 0.75$

Keterangan :

$F'_{nt}$  = tegangan tarik nominal

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \quad (3.61)$$

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal dari Tabel 3.8-1, ksi (MPa)

$F_{nv}$  = tegangan geser dari Tabel 3.8-1, ksi (MPa)

$f_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi

Tabel 3. 1 Kekuatan Tarik (Fnt), Kekuatan Geser (Fnv)

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, $F_u$ , ksi (MPa) <sup>a)</sup>	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe-Tumpu, $F_v$ , ksi (MPa) <sup>b)</sup>
Baut A307	45 (310)	27 (188) <sup>c)</sup>
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	90 (620)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	113 (780)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	113 (780)	84 (579)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	0,75 $F_u$	0,450 $F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	0,75 $F_u$	0,563 $F_u$

<sup>a)</sup>Untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3

<sup>b)</sup>Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (965 mm),  $F_v$  harus direduksi sampai 83,3 % dari nilai tabulasi. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut-baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan lekatan.

<sup>c)</sup>Untuk baut A307 nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1 persen untuk setiap 1/16 in. (2 mm) di atas diameter 5 dari panjang pada pegangan/grip tersebut.

<sup>d)</sup>Ulir diizinkan pada bidang geser.

e. Kontrol Terhadap Gempa

Analisa struktur terhadap beban gempa dikontrol berdasarkan *SNI 1726:2012* adalah sebagai berikut :

1. Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%

2. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%

3. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan

$$T = C_t \cdot h_n^x \quad (3.62)$$

Dimana nilai parameter untuk SRBE adalah :

$$C_t = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = \text{Tinggi gedung}$$

4. Kontrol Kinerja Struktur Gedung

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan *SNI 1726: 2012 Pasal 7.9.3*.

### 3.2.8 Perencanaan Struktur Bawah

Pondasi umumnya berlaku sebagai elemen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi dipergunakan pondasi tiang pancang dengan data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil SPT (Standart Penetration Test). Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung izin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

### 3.2.8.1 Perencanaan Tiang Pancang

Perencanaan struktur tiang pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan berdasarkan hasil dari SPT. Secara umum daya dukung tiang yang berdiri sendiri dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (3.63)$$

Dimana:

$Q_{ult}$  = *Ultimate pile capacity*

$Q_e$  = *End- bearing capacity*

$Q_f$  = *Side friction capacity*

$W$  = Berat tiang

Pondasi tiang yang berdiri sendiri akan memikul sepenuhnya beban- beban yang bekerja padanya. Sedangkan untuk pondasi kelompok tiang tidak demikian halnya. Sehubungan dengan bidang keruntuhan di daerah ujung dari masing- masing tiang yang tergabung dalam kelompok tiang saling overlap, maka efisiensi dari daya dukung satu tiang akan menurun di dalam kelompok tiang.

Perumusan efisiensi kelompok yang dipakai dengan menggunakan persamaan conversi Labarre:

$$E_k = 1 - \theta \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \quad (3.64)$$

Dimana:

$m$  = Jumlah tiang dalam baris

$n$  = Jumlah tiang dalam kolom

$\theta$  = Arc tg  $D/s$  (dalam derajat)

$D$  = Diameter tiang

$s$  = jarak antara pusat ke pusat tiang

Perkiraan jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \quad (3.65)$$

Syarat:  $P_{\max} < P_{ijin}$

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\Sigma y^2} > P_{ijin} \quad (3.66)$$

$$P_{\min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (3.67)$$

Dimana:

- n = Jumlah tiang pancang
- $M_x$  = Momen yang bekerja pada arah X
- $M_y$  = Momen yang bekerja pada arah Y
- $X_{\max}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X
- $Y_{\max}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu y
- $\Sigma x^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu X
- $\Sigma y^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu y

Untuk perhitungan jarak tiang ditentukan dengan persyaratan:

- Untuk jarak as ke as tiang pancang
 
$$2D < S < 2,5D \quad (3.68)$$

- Untuk jarak as tiang pancang ke tepi poer
 
$$1,5D < S_1 < 2D \quad (3.69)$$

### 3.2.8.2 Perencanaan Poer

- Kontrol Tebal Minimum Poer

Menurut (SNI 2847:2013) tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

- Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2}d$  dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 3.6 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.

- Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.70)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.71)$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \quad (3.72)$$

- Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.73)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.74)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.75)$$

$$V_c = 0,33\lambda\sqrt{f'_c}b_o d \quad (3.76)$$

Keterangan:

Bc = Rasio sisi panjang - sisi pendek penampang kolom

$\alpha$  = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

= 20 untuk kolom sudut

B0 = Parameter penampang kritis

d = Tinggi manfaat pelat



- Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.7 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.77)$$

Dimana  $V_c$  diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.78)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.79)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.80)$$

### 3.2.8.3 Perencanaan Penulangan Lentur

Perencanaan tulangan lentur berdasarkan momen ultimate yang terjadi akibat tiang pancang terhadap muka kolom dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (3.81)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot s \quad (3.82)$$

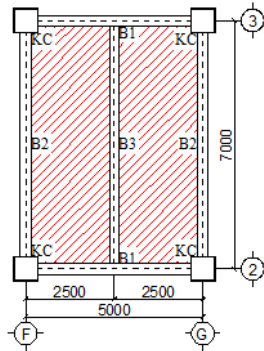
### **3.2.9 Penggambaran Teknik**

Menggambar hasil modifikasi perencanaan struktur atas dan struktur bawah kedalam gambar rencana. Gambar rencana dibuat menggunakan program Auto CAD.

## BAB IV

### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Atap

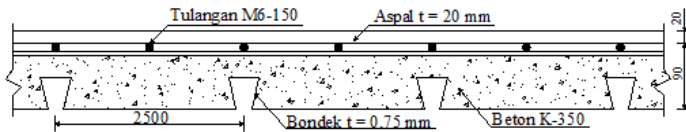


Gambar 4. 1 Pelat Lantai Atap

1. Beban Mati ( $q_D$ ) :
  - Berat *plafond*  $= 11 \text{ kg/m}^2$
  - Berat penggantung  $= 7 \text{ kg/m}^2$
  - Berat *ducting* dan *plumbing*  $= 19,1 \text{ kg/m}^2$
  - Berat aspal ( $t = 2 \text{ cm}$ )  $= 2 \times 14 \text{ kg/m}^2 = 28 \text{ kg/m}^2$   $= 28 \text{ kg/m}^2$
  - $q_D \text{ Total} = 65,1 \text{ kg/m}^2$
2. Beban Hidup ( $q_L$ ) : (*Tabel 4-1 SNI 1727:2013*)
  - Lantai atap ( $0,96 \text{ kN/m}^2$ )  $= 97,86 \text{ kg/m}^2$
3. Beban Berguna :
  - $q_U = q_D + q_L$   
 $= 65,1 \text{ kg/m}^2 + 97,86 \text{ kg/m}^2$   
 $= 162,96 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$
4. Perencanaan pelat dan bondek sesuai tabel perencanaan praktis pada brosur untuk bentang menerus dengan tulangan negatif didapatkan data sebagai berikut :
  - Bentang bondek  $= 2,5 \text{ m}$
  - Tebal pelat beton  $= 0,09 \text{ m}$
  - Tulangan negatif  $= 1,71 \text{ cm}^2/\text{m}$
  - Digunakan tulangan  $= \text{M6 (AS} = 0,28 \text{ cm}^2)$

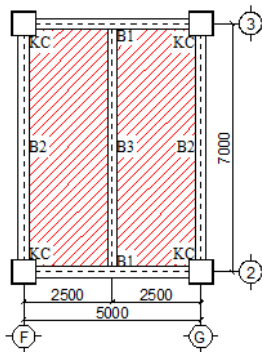
Kebutuhan tulangan negatif setiap meter adalah :

- $n = \frac{\text{Luas tulangan negatif perlu}}{\text{Luas tulangan negatif pakai}}$
- $n = \frac{1,71 \text{ cm}^2}{0,28 \text{ cm}^2} = 6,05 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan,  $s = \frac{1000 \text{ mm}}{n_{\text{tulangan}} - 1}$
- $s = \frac{1000 \text{ mm}}{7 - 1} = 166,67 \text{ mm} (S_{\min} = 150 \text{ mm})$
- Maka, dipasang tulangan wiremesh M6-150



Gambar 4. 2 Penulangan Pelat Lantai Atap

#### 4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai

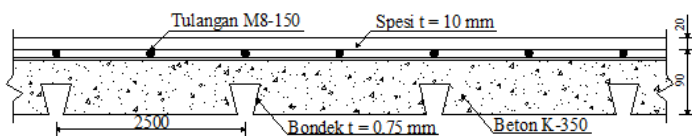


Gambar 4. 3 Pelat Lantai

##### 1. Beban Mati ( $q_D$ ) :

- Berat *plafond* = 11 kg/m<sup>2</sup>
- Berat penggantung = 7 kg/m<sup>2</sup>

- Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,1 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat spesi (t = 1 cm) = 1 x 21 kg/m<sup>2</sup> = 21 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat keramik (t = 2 cm) = 2 x 24 kg/m<sup>2</sup> = 48 kg/m<sup>2</sup> +
- $$q_D \text{ Total} = 106,1 \text{ kg/m}^2$$
2. Beban Hidup ( $q_L$ ) : (Tabel 4-1 SNI 1727:2013)
- Lantai sekolah (4,79 kN/m<sup>2</sup>) = 488,28 kg/m<sup>2</sup>
3. Beban Berguna :
- $q_U = q_D + q_L$   
 $= 106,1 \text{ kg/m}^2 + 488,28 \text{ kg/m}^2$   
 $= 594,38 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$
4. Perencanaan pelat dan bondek sesuai tabel perencanaan praktis pada brosur untuk bentang menerus dengan tulangan negatif didapatkan data sebagai berikut :
- Bentang bondek = 2,5 m
  - Tebal pelat beton = 0,09 m
  - Tulangan negatif = 3,25 cm<sup>2</sup>/m
  - Digunakan tulangan = M8 (AS = 0,5 cm<sup>2</sup>)
- Kebutuhan tulangan negatif setiap meter adalah :
- $n = \frac{\text{Luas tulangan negatif perlu}}{\text{Luas tulangan negatif pakai}}$   
 $n = \frac{3,25 \text{ cm}^2}{0,5 \text{ cm}^2} = 6,47 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$
  - Jarak antar tulangan,  $s = \frac{1000 \text{ mm}}{n_{\text{tulangan}} - 1}$   
 $s = \frac{1000 \text{ mm}}{7 - 1} = 166,67 \text{ mm} (S_{\min} = 150 \text{ mm})$
  - Maka, dipasang tulangan *wiremesh* M8-150



Gambar 4. 4 Penulangan Pelat Lantai



$$\begin{aligned}
 - \quad q_{Dtotal} &= (q_D \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{Profil}} \\
 &= (291,2 \text{ kg/m}^2 \times (\frac{2,5}{2} + \frac{2,5}{2}) \text{ m}) + 56,8 \text{ kg/m} \\
 &= 784,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup :

$$\begin{aligned}
 q_{Ltotal} &= q_L \times \text{panjang tributari} \\
 &= 97,86 \text{ kg/m}^2 \times (\frac{2,5}{2} + \frac{2,5}{2}) \text{ m} \\
 &= 244,65 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

c. Kombinasi Pembebanan :

$$\begin{aligned}
 q_u &= (1,2 \times q_{Dtotal}) + (1,6 \times q_{Ltotal}) \\
 &= (1,2 \times 784,8 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 244,65 \text{ kg/m}) \\
 &= 1333,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok :

- Momen yang Terjadi :

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1333,2 \text{ kg/m} \times (7 \text{ m})^2 \\
 &= 8165,83 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Gaya Geser yang Terjadi :

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1333,2 \text{ kg/m} \times (7 \text{ m}) \\
 &= 4666,19 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Kontrol Penampang : (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 29,25$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \quad \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$



- Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{200 \text{ mm}}{2 \times 12 \text{ mm}} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \lambda_{pf} \quad \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

4. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal : (Pasal 8.2 SNI 1729:2015)

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times f_y \\ &= 823 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2097349,64 \text{ kg.cm} = 20973,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

5. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Panjang tak terkekang ( $L_b$ ) adalah bentang balok anak.

$$L_b = L_{\text{balok}} = 700 \text{ cm}$$

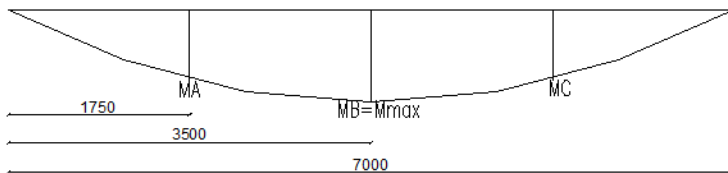
Dari tabel  $L_p$  dan  $L_r$  diperoleh nilai sebagai berikut :

$$L_p = 234,467 \text{ cm}$$

$$L_r = 742,890 \text{ cm}$$

Dikarenakan  $L_p < L_b < L_r$  maka balok termasuk dalam bentang menengah, sehingga :

$$M_n = C_b \times (M_p - (M_p - 0,7 \times f_y \times S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \leq M_p$$



Gambar 4. 6 Diagram Momen Balok Anak Lantai Atap

$$\begin{aligned}
 M_A = M_C &= R_A \times \frac{L}{4} - q_U \times \frac{L}{4} \times \frac{L}{8} \\
 &= 4666,19 \text{ kg} \times \frac{7}{4} \text{ m} - 1333,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \frac{7}{4} \text{ m} \times \frac{7}{8} \text{ m} \\
 &= 6124,38 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$M_B = M_{\max} = 8165,83 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 \\
 &=
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\frac{12,5 \times 8165,83}{2,5 \times 8165,83 + 3 \times 6124,38 + 4 \times 8165,83 + 3 \times 6124,38} \\
 C_b &= 1,14 \leq 2,3 \quad \rightarrow C_{b \text{ pakai}} = 1,14
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \times (M_p - (M_p - 0,7 \times f_y \times S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \\
 &= 1,14 \times (2097349,64 - (2097349,64 - 0,7 \times 2548,42 \times 771) \\
 &\quad \left( \frac{700 - 234,467}{742,890 - 234,467} \right)) \\
 &= 1632143,9 \text{ kg.cm} \\
 &= 16321,44 \text{ kg.m} < M_p \quad \rightarrow \text{Maka dipakai } M_n
 \end{aligned}$$

**Cek Kemampuan Penampang :**

$$\begin{aligned}
 \phi_b \times M_n &\geq M_U \\
 0,9 \times 16321,44 \text{ kg.m} &\geq 8165,83 \text{ kg.m} \\
 14689,3 \text{ kg.m} &> 8165,83 \text{ kg.m} \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

6. Kontrol Kuat Geser : (Pasal G2 SNI 1729:2015)

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1 ; K_v = 5$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 29,25$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad \rightarrow \text{Kondisi Geser Plastis}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (29,4 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm}) \times 1 \\ &= 35963,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 35963,3 \text{ kg} \\ &= 32366,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Syarat,} & V_u & \leq \quad \phi V_n \\ 4666,19 \text{ kg} & < & 32366,97 \text{ kg} \end{array} \quad (\text{OK})$$

#### 7. Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5 \times ((q_{DL} + q_{LL}) \times L^4}{384 \times E \times I_x} \\ &= \frac{5 \times ((784,4 + 244,65) \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times (700 \text{ cm})^4}{384 \times 2038736,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 11300 \text{ cm}^4} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{700 \text{ cm}}{240} = 2,92 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Syarat,} & f^o & \leq \quad f_{ijin} \\ 1,40 \text{ cm} & < & 2,92 \text{ cm} \end{array} \quad (\text{OK})$$

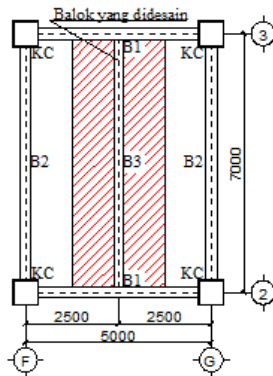
Sehingga profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap gedung fakultas ekonomi UNSOED.

#### 4.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai

Pada lantai, mutu baja yang dipakai adalah *BJ 41*, dengan kuat leleh ( $f_y$ ) 250 Mpa. Balok anak direncanakan menggunakan profil WF 350 x 250 x 8 x 12 dengan data profil sebagai berikut :

$$d = 336 \text{ mm} \qquad i_x = 14,5 \text{ cm}$$

$b_f = 249$	mm	$i_y = 5,92$	cm
$t_f = 12$	mm	$Z_x = 1163$	cm <sup>3</sup>
$t_w = 8$	mm	$Z_y = 377$	cm <sup>3</sup>
$A = 88,15$	cm <sup>2</sup>	$S_x = 1100$	cm <sup>3</sup>
$W = 69,2$	kg/m	$S_y = 248$	cm <sup>3</sup>
$I_x = 18500$	cm <sup>4</sup>	$r = 20$	mm
$I_y = 3090$	cm <sup>4</sup>	$h = d - 2(t_f + r) = 272$	mm



Gambar 4. 7 Denah Balok Anak Lantai

1. Beban-Beban yang Bekerja :

a. Beban Mati :

- Beban mati pelat  $= 106,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri pelat  $(0,09 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 216 \text{ kg/m}^2$
- Berat bondek  $= 10,1 \text{ kg/m}^2 +$   
 $q_{D1} = 332,2 \text{ kg/m}^2$
- $q_{Dtotal} = (q_D \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{Profil}}$   
 $= (332,2 \text{ kg/m}^2 \times (\frac{2,5}{2} + \frac{2,5}{2}) \text{ m}) + 69,2 \text{ kg/m}$   
 $= 899,7 \text{ kg/m}$

b. Beban Hidup :

$$q_{Ltotal} = q_L \times \text{panjang tributari}$$

$$= 488,28 \text{ kg/m} \times (\frac{2,5}{2} + \frac{2,5}{2}) \text{ m}$$

$$= 1220,69 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi Pembebanan :

$$\begin{aligned} q_u &= (1,2 \times q_{D\text{total}}) + (1,6 \times q_{L\text{total}}) \\ &= (1,2 \times 899,7 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 1220,69 \text{ kg/m}) \\ &= 3032,75 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok :

- Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3032,75 \text{ kg/m} \times (7 \text{ m})^2 \\ &= 18575,59 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 3032,75 \text{ kg/m} \times (7 \text{ m}) \\ &= 10614,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Kontrol Penampang : (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{272 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 34$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \quad \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{249 \text{ mm}}{2 \times 12 \text{ mm}} = 10,38$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \lambda_{pf} \quad \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

4. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal : (Pasal 8.2 SNI 1729:2015)

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times f_y \\ &= 1163 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2963812,44 \text{ kg.cm} = 29638,12 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

5. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Panjang tak terkekang ( $L_b$ ) adalah bentang balok anak.

$$L_b = L_{\text{balok}} = 700 \text{ cm}$$

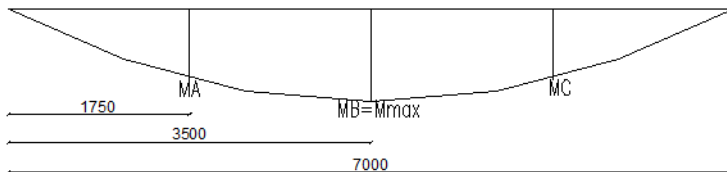
Dari tabel  $L_p$  dan  $L_r$  diperoleh nilai sebagai berikut :

$$L_p = 294,699 \text{ cm}$$

$$L_r = 868,078 \text{ cm}$$

Dikarenakan  $L_p < L_b < L_r$  maka balok termasuk dalam bentang menengah, sehingga :

$$M_n = C_b \times (M_p - (M_p - 0,7 \times f_y \times S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \leq M_p$$



Gambar 4. 8 Diagram Momen Balok Anak Lantai

$$\begin{aligned} M_A &= M_C = R_A \times \frac{L}{4} - q_u \times \frac{L}{4} \times \frac{L}{8} \\ &= 10614,62 \text{ kg} \times \frac{7}{4} \text{ m} - 3032,75 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \frac{7}{4} \text{ m} \times \frac{7}{8} \text{ m} \\ &= 13931,69 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_B = M_{\text{max}} = 18575,59 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{max}}}{2,5 M_{\text{max}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{12,5 \times 18575,59}{2,5 \times 18575,59 + 3 \times 13931,69 + 4 \times 18575,59 + 3 \times 13931,69} \\
 C_b &= 1,14 \leq 2,3 \quad \rightarrow C_{b \text{ pakai}} = 1,14 \\
 M_n &= C_b \times (M_p - (M_p - 0,7 \times f_y \times S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \\
 &= 1,14 \times (2963812,44 - (2963812,44 - 0,7 \times 2548,42 \times 1100) \\
 &\quad \left( \frac{700 - 294,699}{868,078 - 294,699} \right)) \\
 &= 2563485,86 \text{ kg.cm} \\
 &= 25634,86 \text{ kg.m} < M_p \quad \rightarrow \text{Maka dipakai } M_n
 \end{aligned}$$

**Cek Kemampuan Penampang :**

$$\begin{aligned}
 \phi_b \times M_n &\geq M_U \\
 0,9 \times 25634,85 \text{ kg.m} &\geq 18575,59 \text{ kg.m} \\
 23071,37 \text{ kg.m} &\geq 18575,59 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

6. Kontrol Kuat Geser : (Pasal G2 SNI 1729:2015)

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1 ; K_v = 5$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{272 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 34$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad \rightarrow \text{Kondisi Geser Plastis}$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (33,6 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm}) \times 1 \\
 &= 41100,92 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,9 \times 41100,92 \text{ kg} \\
 &= 36990,83 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Syarat,} & V_U & \leq \quad \varnothing V_n \\ 10614,62 \text{ kg} & < & 36990,83 \text{ kg} \end{array} \quad \text{(OK)}$$

7. Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5 \times ((q_{DL} + q_{LL}) \times L^4}{384 \times E \times I_X} \\ &= \frac{5 \times ((899,7 + 1220,69) \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times (700 \text{ cm})^4}{384 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 18500 \text{ cm}^4} = 1,76 \text{ cm} \\ f_{ijin} &= \frac{L}{240} = \frac{700 \text{ cm}}{240} = 2,92 \text{ cm} \\ \text{Syarat,} & \quad f^o \leq f_{ijin} \\ 1,76 \text{ cm} & < 2,92 \text{ cm} \end{array} \quad \text{(OK)}$$

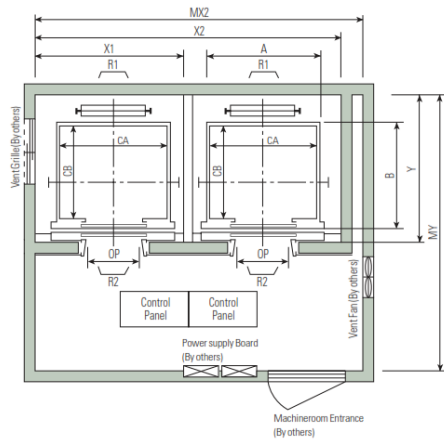
Sehingga profil WF 350 x 250 x 8 x 12, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai gedung fakultas ekonomi UNSOED.

### 4.3 Perencanaan Balok *Lift*

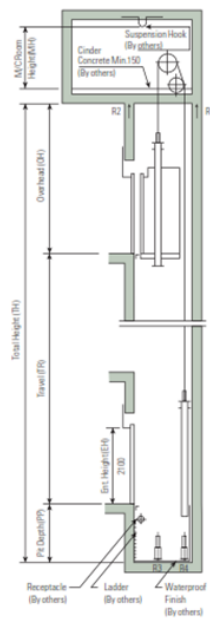
Pada perencanaan balok *lift* meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift*. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut :

- Tipe *lift* : *Passenger Elevators*
- Merek : *HYUNDAI*
- Kapasitas : 24 Orang / 1600 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 1100 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 2 *car* : 5500 x 2300 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (*car size*)
  - Internal : 2150 x 1600 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal : 2250 x 1770 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (2 *cars*) : 5650 x 4200 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
  - R1 = 8500 kg
  - R2 = 6800 kg





Gambar 4. 9 Denah *Lift*

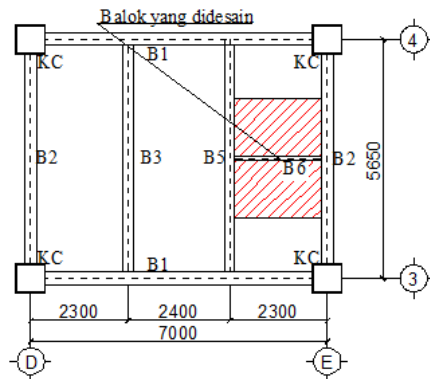


Gambar 4. 10 Potongan Melintang *Lift*

#### 4.3.1 Perencanaan Balok Pembagi Lift

Balok pembagi *lift* direncanakan dengan kuat leleh ( $f_y$ ) 250 Mpa dan profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dengan data sebagai berikut :

$d$	= 100	mm	$i_x$	= 3,98	cm
$b_f$	= 50	mm	$i_y$	= 1,12	cm
$t_f$	= 7	mm	$Z_x$	= 41,795	cm <sup>3</sup>
$t_w$	= 5	mm	$Z_y$	= 9,288	cm <sup>3</sup>
$A$	= 17,85	cm <sup>2</sup>	$S_x$	= 37,5	cm <sup>3</sup>
$W$	= 9,3	kg/m	$S_y$	= 5,91	cm <sup>3</sup>
$I_x$	= 187	cm <sup>4</sup>	$r$	= 8	mm
$I_y$	= 14,8	cm <sup>4</sup>	$h$	= $d - 2(t_f + r)$	= 70 mm



Gambar 4. 11 Balok Pembagi Lift

##### 1. Pembebanan Pada Balok Pembagi Lift :

###### - Beban Mati Merata :

$$\begin{aligned}
 &\text{Berat profil balok pembagi lift} &&= 9,3 \text{ kg/m} \\
 &\text{Berat sambungan, dll (10\%)} &&= 0,93 \text{ kg/m} + \\
 &q_D &&= 10,23 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

###### - Beban Hidup :

Beban hidup terpusat pekerja ( $P_L$ ) = 100 kg

###### - Beban Ultimate :

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 \times q_D \\
 &= 1,2 \times 10,23 \text{ kg/m} = 12,28 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_U &= 1,6 \times P_L \\
 &= 1,6 \times 100 \text{ kg} \\
 &= 160 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Gaya Dalam yang Terjadi Pada Balok Pembagi Lift :

- Momen :

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + \frac{1}{4} \times p_u \times L \\
 &= \frac{1}{8} \times 12,28 \text{ kg/m} \times (2,3 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} \times 160 \text{ kg} \times 2,3 \text{ m} \\
 &= 100,12 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Gaya Geser :

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L + \frac{1}{2} \times P_u \\
 &= \frac{1}{2} \times 12,28 \text{ kg/m} \times 2,3 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 160 \text{ kg} \\
 &= 94,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Lentur :

- Kontrol Penampang :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{70 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} = 14$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \quad \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{50 \text{ mm}}{2 \times 7 \text{ mm}} = 3,57$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \lambda_{pf} \quad \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal :  
Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 41,795 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 106511,21 \text{ kg.cm} \\ &= 1065,11 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral :  
Panjang tak terkekang ( $L_b$ ) adalah bentang balok *lift*.

$$L_b = L_{\text{balok}} = 230 \text{ cm}$$

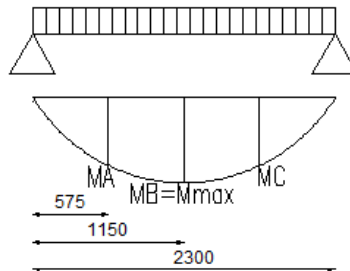
Dari tabel  $L_p$  dan  $L_r$  diperoleh nilai sebagai berikut :

$$L_p = 55,754 \text{ cm}$$

$$L_r = 286,927 \text{ cm}$$

Dikarenakan  $L_p < L_b < L_r$  maka balok termasuk dalam bentang menengah, sehingga :

$$M_n = C_b \times (M_p - (M_p - 0,7 \times f_y \times S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \leq M_p$$



Gambar 4. 12 Diagram Momen Balok Pembagi *Lift*

$$\begin{aligned}
 M_A &= M_C = R_A \times \frac{L}{4} - q_U \times \frac{L}{4} \times \frac{L}{8} \\
 &= 94,12 \text{ kg} \times \frac{2,3}{4} \text{ m} - 12,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \frac{2,3}{4} \text{ m} \times \frac{2,3}{8} \text{ m} \\
 &= 52,09 \text{ kg.m} \\
 M_B &= M_{\max} = 100,12 \text{ kg.m} \\
 C_b &= \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 \\
 &= \frac{12,5 \times 100,12}{2,5 \times 100,12 + 3 \times 52,09 + 4 \times 100,12 + 3 \times 52,09}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= 1,3 \leq 2,3 \quad \rightarrow C_{b \text{ pakai}} = 1,3 \\
 M_n &= C_b \times (M_p - (M_p - 0,7 \times f_y \times S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \\
 &= 1,3 \times (106511,21 - (106511,21 - 0,7 \times 2548,42 \times \\
 &\quad 230 - 55,754) \left( \frac{37,5}{285,27 - 55,754} \right)) \\
 &= 99582,21 \text{ kg.cm} \\
 &= 995,82 \text{ kg.m} < M_p \quad \rightarrow \text{Maka dipakai } M_n
 \end{aligned}$$

**Cek Kemampuan Penampang :**

$$\begin{aligned}
 \phi_b \times M_n &\geq M_U \\
 0,9 \times 995,82 \text{ kg.m} &\geq 100,12 \text{ kg.m} \\
 896,24 \text{ kg.m} &> 100,12 \text{ kg.m} \quad \quad \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

4. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\
 \frac{h}{t_w} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}; C_v = 1; K_v = 5 \\
 \frac{h}{t_w} &= \frac{70 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} = 14
 \end{aligned}$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2 \times 10^5}{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad \rightarrow \text{Kondisi Geser Plastis}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (10 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}) \times 1 \\ &= 7645,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 7645,26 \text{ kg} \\ &= 6880,73 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat, } V_U &\leq \phi V_n \\ 94,12 \text{ kg} &< 6880,73 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

5. Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5 \times q_D \times L^4}{384 \times E \times I_X} + \frac{(P_L + P_D) \times L^3}{48 \times E \times I_X} \\ &= \\ &= \frac{5 \times ((0,1) \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times (230 \text{ cm})^4}{384 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 187 \text{ cm}^4} + \frac{160 \text{ kg} \times (230 \text{ cm})^3}{48 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 187 \text{ cm}^4} \\ &= 0,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{230 \text{ cm}}{240} = 0,96 \text{ cm}$$

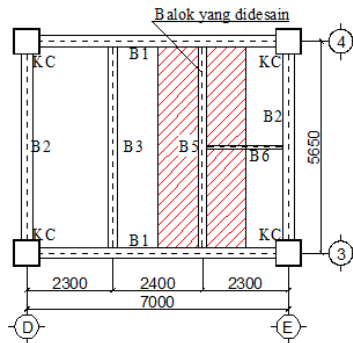
$$\begin{aligned} \text{Syarat, } f^o &\leq f_{ijin} \\ 0,08 \text{ cm} &< 0,96 \text{ cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Sehingga profil WF 100 x 50 x 5 x 7, dapat digunakan sebagai balok pembagi *lift* pada lantai gedung fakultas ekonomi UNSOED.

#### 4.3.2 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Balok penggantung *lift* direncanakan dengan kuat leleh ( $f_y$ ) 250 Mpa dan profil WF 450 x 200 x 9 x 14 dengan data sebagai berikut :

$d$	= 450	mm	$i_x$	= 18,6	cm
$b_f$	= 200	mm	$i_y$	= 4,4	cm
$t_f$	= 14	mm	$Z_x$	= 1621	cm <sup>3</sup>
$t_w$	= 9	mm	$Z_y$	= 289	cm <sup>3</sup>
$A$	= 96,76	cm <sup>2</sup>	$S_x$	= 1490	cm <sup>3</sup>
$W$	= 76	kg/m	$S_y$	= 187	cm <sup>3</sup>
$I_x$	= 33500	cm <sup>4</sup>	$r$	= 18	m
$I_y$	= 1870	cm <sup>4</sup>	$h$	= $d - 2(t_f + r)$	= 386 mm



Gambar 4. 13 Balok Penggantung Lift

##### 1. Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift :

- Berat Profil Balok Pembagi Lift yang Ditumpu :

$$\begin{aligned}
 P_D &= \frac{1}{2} \times \text{berat profil balok pembagi lift} \times L_{\text{balok}} \\
 &= \frac{1}{2} \times 9,3 \text{ kg/m} \times 2,30 \text{ m} \\
 &= 10,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban Mati :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat profil balok penggantung lift} &= 76 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat mati pelat} &= 332,2 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m} = 398,64 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan, dll (10\%)} &= 7,6 \text{ kg/m} + \\
 \hline
 q_D &= 482,24 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban Hidup :

Beban pekerja terpusat ( $P_L$ ) = 100 kg

- Beban Merata *Ultimate* :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \times q_D \\ &= 1,2 \times 482,24 \text{ kg/m} \\ &= 578,69 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_U &= 1,2 \times P_D + 1,6 \times P_L \\ &= 1,2 \times 10,7 \text{ kg} + 1,6 \times 100 \text{ kg} \\ &= 172,83 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban Terpusat *Lift* :

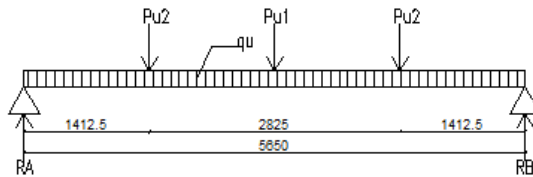
Pada *Pasal 4.6 Impact Load SNI 1727:2013* (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban *elevator* harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-*driven*. Semua presentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$$R_A = R_1 \times KLL = 8500 \text{ kg} \times (1 + 50\%) = 12750 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2 \times KLL = 6800 \text{ kg} \times (1 + 50\%) = 10200 \text{ kg}$$

$P_{U2}$  yang digunakan adalah nilai R terbesar = 12750 kg

2. Perhitungan Gaya Dalam yang Terjadi Pada Balok Penggantung *Lift* :



Gambar 4. 14 Model Pembebanan Balok Penggantung *Lift*

- Reaksi Perletakan :

$$R_A = R_B$$

$$= \frac{1}{2} \times q_u \times L + \frac{1}{2} \times P_{U1} + P_{U2}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \times 578,69 \text{ kg/m} \times 5,65 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 172,83 \text{ kg} + 12750 \text{ kg} \\
 &= 14471,21 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen Maksimum :

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_A \times \frac{L}{2} - q_u \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{4} - P_{U2} \times \frac{L}{4} \\
 &= 14471,21 \text{ kg} \times \frac{5,65 \text{ m}}{2} - 578,69 \text{ kg/m} \times \frac{5,65 \text{ m}}{2} \times \frac{5,65 \text{ m}}{4} - 12750 \text{ kg} \times \frac{5,65 \text{ m}}{4} \\
 &= 20562,65 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Gaya Geser :

$$V_U = R_A = 14471,21 \text{ kg}$$

### 3. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Lentur :

- Kontrol Penampang :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{386 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} = 42,89$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \quad \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

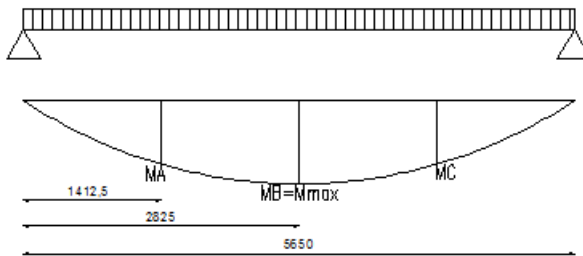
$$\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{200 \text{ mm}}{2 \times 14 \text{ mm}} = 7,14$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

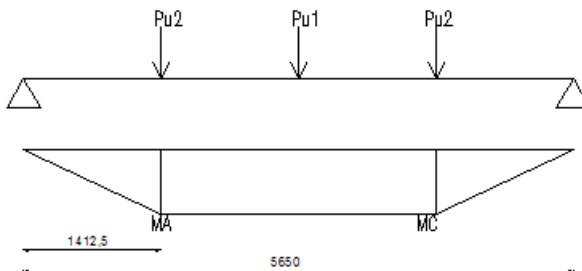
$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \lambda_{pf} \quad \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal :  
Penampang Kompak :  
 $M_n = M_p = Z_x \times f_y$   
 $= 1621 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 = 4130988,79 \text{ kg.cm}$
- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral :  
 Panjang tak terkekang ( $L_b$ ) adalah  $\frac{1}{2}$  bentang balok *lift*.  
 $L_b = L_{\text{balok}} = 282,5 \text{ cm}$   
 Dari tabel  $L_p$  dan  $L_r$  diperoleh nilai sebagai berikut :  
 $L_p = 219,033 \text{ cm}$   
 $L_r = 641,818 \text{ cm}$   
 Dikarenakan  $L_p < L_b < L_r$  maka balok termasuk dalam bentang menengah, sehingga :

$$M_n = C_b \times (M_p - (M_p - 0,7 \times f_y \times S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \leq M_p$$



Gambar 4. 15 Diagram Momen Balok Penggantung *Lift*



Gambar 4. 16 Diagram Momen Balok Penggantung *Lift*

$$M_A = M_C = R_A \times \frac{L}{4} - q_U \times \frac{L}{4} \times \frac{L}{8}$$

$$= 14471,21 \text{ kg} \times \frac{5,65}{4} \text{ m} - 578,69 \text{ kg/m} \times \frac{5,65}{4} \text{ m} \times \frac{5,65}{8} \text{ m}$$

$$= 19863,3 \text{ kg.m}$$

$$M_B = M_{\max} = 20562,65 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$= \frac{12,5 \times 20562,65}{2,5 \times 20562,65 + 3 \times 19863,3 + 4 \times 20562,65 + 3 \times 19863,3}$$

$$C_b = 1,02 \leq 2,3 \quad \rightarrow C_{b \text{ pakai}} = 1,02$$

$$M_n = C_b \times (M_p - (M_p - 0,7 \times f_y \times S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right))$$

$$= 1,02 \times (4130988,79 - (4130988,79 - 0,7 \times 2548,42 \times 1490) \left( \frac{282,5 - 219,033}{641,818 - 219,033} \right))$$

$$= 3974757,69 \text{ kg.cm}$$

$$= 39747,58 \text{ kg.m} < M_p \quad \rightarrow \text{Maka dipakai } M_n$$

**Cek Kemampuan Penampang :**

$$\begin{array}{rcl} \phi_b \times M_n & \geq & M_U \\ 0,9 \times 39747,58 \text{ kg.m} & \geq & 20562,65 \text{ kg.m} \\ 35772,82 \text{ kg.m} & > & 20562,65 \text{ kg.m} \quad \textbf{(OK)} \end{array}$$

**4. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser :**

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1 ; K_v = 5$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{386 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} = 42,89$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2 \times 10^5}{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad \rightarrow \text{Kondisi Geser Plastis}$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (45 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm}) \times 1$$

$$= 61926,61 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 61926,61 \text{ kg}$$

$$= 55733,94 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat, } \frac{V_U}{14471,21 \text{ kg}} \leq \phi V_n$$

$$14471,21 \text{ kg} < 55733,94 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

#### 5. Kontrol Lendutan :

$$f^o = \frac{5 \times q_{DL} \times L^4}{384 \times E \times I_X} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I_X}$$

$$= \frac{5 \times ((0,84) \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times (565 \text{ cm})^4}{384 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 33500 \text{ cm}^4} + \frac{((2 \times 12750) + 10,7 + 100) \text{ kg} \times (565 \text{ cm})^3}{48 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 33500 \text{ cm}^4}$$

$$= 1,5 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{565 \text{ cm}}{360} = 2,35 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat, } \frac{f^o}{1,5 \text{ cm}} \leq f_{ijin}$$

$$1,5 \text{ cm} < 2,35 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Profil WF 450 x 200 x 9 x 14 dapat digunakan sebagai balok penggantung *lift* pada lantai gedung fakultas ekonomi UNSOED.

#### 4.4 **Perencanaan Tangga dan Bordes**

Tangga merupakan struktur konstruksi bangunan yang dirancang sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya yang memiliki jarak satu sama lain. Pada gedung ini, direncanakan menggunakan tangga konstruksi baja dan beton dengan data teknis sebagai berikut :

- Mutu baja = BJ-41
- Tinggi antar lantai (H) = 420 cm

- Tinggi bordes = 210 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Lebar bordes = 175 cm
- Panjang tangga = 390 cm
- Lebar tangga = 145 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi tanjakan (t) = 15 cm

1. Perhitungan Jumlah Tanjakan

$$\frac{\text{Tinggi bordes}}{\text{Tinggi tanjakan}} = \frac{210 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 14 \text{ buah}$$

2. Perhitungan Jumlah Injakan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah injakan} &= \text{jumlah tanjakan} - 1 \\ &= 14 \text{ buah} - 1 \\ &= 13 \text{ buah} \end{aligned}$$

3. Persyaratan Jumlah Tanjakan dan Injakan :

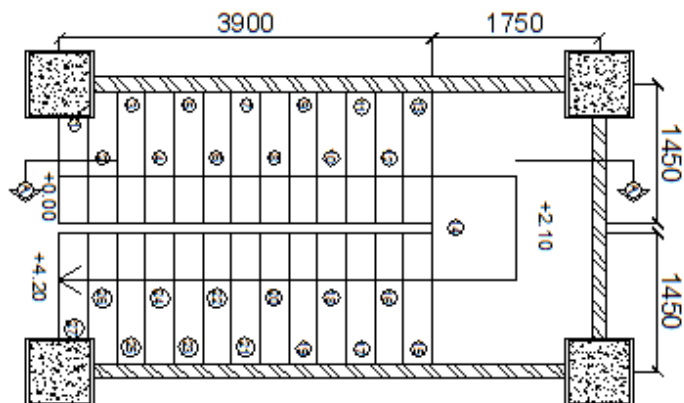
$$\begin{aligned} 60 \text{ cm} &\leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} &\leq ((2 \times 15 \text{ cm}) + 30 \text{ cm}) < 65 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} &= 60 \text{ cm} < 65 \text{ cm} \quad \textbf{(OK)} \end{aligned}$$

$$25^\circ < a < 40^\circ$$

$$25^\circ < \arctan \left( \frac{\text{Tinggi tanjakan}}{\text{lebar injakan}} \right) < 40^\circ$$

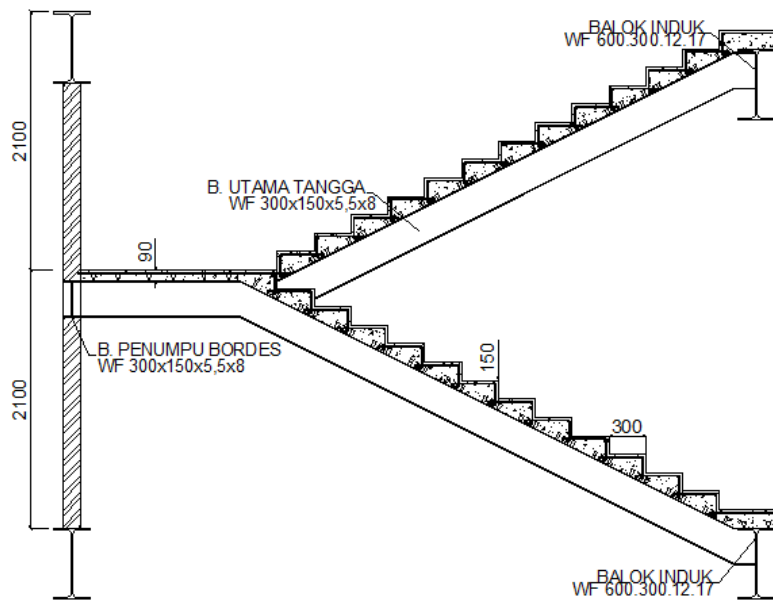
$$25^\circ < \arctan \left( \frac{15 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} \right) < 40^\circ$$

$$25^\circ < 26,57 < 40^\circ \quad \textbf{(OK)}$$



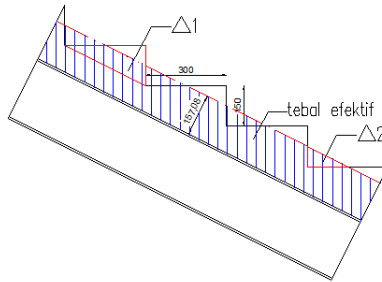
Gambar 4. 17 Denah Tangga

#### 4.4.1 Perencanaan Anak Tangga



Gambar 4. 18 Potongan Tangga

## 1. Perencanaan Tebal Efektif Pelat Tangga



Gambar 4. 19 Tebal Efektif Tangga

$$\begin{aligned}\text{Luas } \Delta_1 &= \frac{1}{2} \times \text{lebar injakan} \times \text{tinggi tanjakan} \\ &= \frac{1}{2} \times 30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \\ &= 225 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas } \Delta_2 &= \frac{1}{2} \times \sqrt{\text{lebar injakan}^2 + \text{tinggi tanjakan}^2} \times d \\ &= \frac{1}{2} \times \sqrt{(30 \text{ cm})^2 + (15 \text{ cm})^2} \times d \\ &= 16,77 \text{ cm} \times d\end{aligned}$$

Perbandingan Luas Segitiga :

$$\begin{aligned}\text{Luas } \Delta_1 &= \text{Luas } \Delta_2 \\ 225 \text{ cm}^2 &= 16,77 \text{ cm} \times d \\ 13,42 \text{ cm} &= d\end{aligned}$$

$$\text{Maka, } \frac{1}{2} d = \frac{13,42 \text{ cm}}{2} = 6,71 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm}$$

## 2. Perencanaan Tebal Pelat Anak Tangga :

- Beban Mati :

$$\begin{aligned}\text{- Berat spesi } t = 1 \text{ cm} &= 1 \times 21 \times \left( \frac{30+15}{15} \right) = 63 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

- Berat tegel  $t = 2 \text{ cm} = 2 \times 24 \times \left(\frac{30+15}{15}\right) = 144 \text{ kg/m}^2$
- Berat *railing* tangga  $= \frac{10}{\cos 26,57^\circ} = 11,18 \text{ kg/m}^2$
- Berat anak tangga  $= \frac{0,07 \times 2400}{\cos 26,57^\circ} = 187,83 \text{ kg/m}^2 +$   
 $q_{D\text{total}} = 406,01 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup : (Tabel 4-1 SNI 1727:2013)
  - Beban hidup tangga  $q_{L\text{tangga}} = 488,28 \text{ kg/m}^2$
- Beban Berguna :
  - $q = q_D + q_L$   
 $= 406,01 \text{ kg/m}^2 + 488,28 \text{ kg/m}^2$   
 $= 894,29 \text{ kg/m}^2$
- Data – Data Perencanaan Pelat Bondek :  
 Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang tunggal tanpa menggunakan tulangan negatif, maka diperoleh data-data sebagai berikut :
  - Bentang  $= 1,45 \text{ m}$
  - Beban berguna  $= 1000 \text{ kg/m}^2$
  - Tulangan negatif  $= \text{tidak membutuhkan tul.}$
  - Tebal pelat beton  $= 0,09 \text{ m}$
  - Tebal eff. pelat tangga  $= 9 \text{ cm} + 7 \text{ cm} = 16 \text{ cm}$

#### 4.4.2 Perencanaan Pelat Bordes

1. Beban Mati :
  - Berat spesi  $t = 1 \text{ cm} = 1 \times 21 = 21 \text{ kg/m}^2$
  - Berat tegel  $t = 2 \text{ cm} = 2 \times 24 = 48 \text{ kg/m}^2$
  - Berat *railing* tangga  $= 10 \text{ kg/m}^2 +$   
 $q_{D\text{total}} = 79 \text{ kg/m}^2$
2. Beban Hidup : (Tabel 4-1 SNI 1727:2013)
  - Beban hidup tangga  $q_{L\text{tangga}} = 488,28 \text{ kg/m}^2$
3. Beban Berguna :
  - $q = q_D + q_L$   
 $= 79 \text{ kg/m}^2 + 488,28 \text{ kg/m}^2$   
 $= 567,28 \text{ kg/m}^2$



4. Data – Data Perencanaan Pelat Bondek :

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang tunggal tanpa tulangan negatif, maka diperoleh data-data sebagai berikut :

- Bentang = 1,45 m
- Beban berguna = 600 kg/m<sup>2</sup>
- Tulangan negatif = tidak membutuhkan tulangan
- Tebal pelat beton = 0,09 m

**Maka, pelat beton pada bordes menggunakan t = 9 cm.**

#### 4.4.3 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 5.5 x 8, dengan data-data sebagai berikut :

d = 298 mm	i <sub>x</sub> = 12,4 cm
b <sub>f</sub> = 149 mm	i <sub>y</sub> = 3,29 cm
t <sub>f</sub> = 8 mm	Z <sub>x</sub> = 455 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub> = 5,5 mm	Z <sub>y</sub> = 91 cm <sup>3</sup>
A = 40,8 cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub> = 424 cm <sup>3</sup>
W = 32 kg/m	S <sub>y</sub> = 59,3 cm <sup>3</sup>
I <sub>x</sub> = 6320 cm <sup>4</sup>	r = 13 mm
I <sub>y</sub> = 442 cm <sup>4</sup>	h = d – 2 (t <sub>f</sub> + r) = 256 mm

1. Perencanaan Pembebanan Akibat Anak Tangga :

- Beban Mati :

$$\text{Beban mati pelat} = 406,01 \times \frac{1,45}{2} = 294,36 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= \\ &0,09 \times \frac{1,45}{2} \times \frac{2400}{\cos 26,57^\circ} = 175,08 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat bondek} = \frac{10,1}{\cos 26,57^\circ} \times \frac{1,45}{2} = 8,19 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok} &= \frac{32}{\cos 26,57^\circ} = 35,78 \text{ kg/m} + \\ &513,41 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sambungan, dll (10\%)} &= \frac{51,34 \text{ kg/m} +}{q_{D1}} = 564,75 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Hidup :  
Beban Merata :

$$q_{L1} = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times \frac{1,45}{2} \text{ m} = 354 \text{ kg/m}$$

Beban Terpusat :

$$P = 1,33 \text{ kN} = 135,58 \text{ kg}$$

- Beban Ultimate :

$$P_u = 1,6 \times P$$

$$= 1,6 \times 135,58 \text{ kg}$$

$$= 216,92 \text{ kg}$$

$$q_{U1} = 1,2 \times q_{D1} + 1,6 \times q_{L1} = 1244,1 \text{ kg/m}$$

## 2. Perencanaan Pembebanan Akibat Bordes :

- Beban Mati :

$$\text{Beban mati pelat} = 79 \times \frac{1,45}{2} = 57,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban pelat} = 0,09 \times \frac{1,45}{2} \times 2400 = 156,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban bondek} = 10,1 \times \frac{1,45}{2} = 7,32 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban sendiri balok} = \frac{32 \text{ kg/m} +}{253,2 \text{ kg/m}}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sambungan, dll (10\%)} &= \frac{25,32 \text{ kg/m} +}{q_{D2}} = 278,52 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Hidup :  
Beban Merata :

$$q_{L2} = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times \frac{1,45}{2} \text{ m} = 354 \text{ kg/m}$$

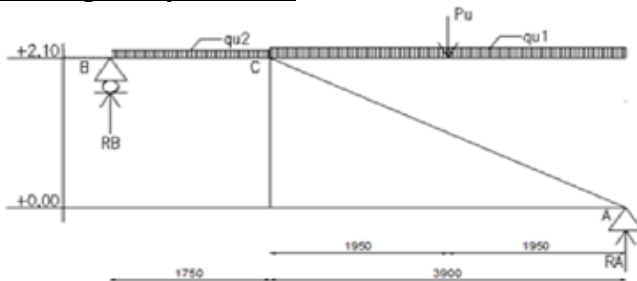
- Beban Ultimate :

$$q_{U2} = 1,2 \times q_{D2} + 1,6 \times q_{L2}$$

$$= 1,2 \times 278,52 \text{ kg/m} + 1,6 \times 354 \text{ kg/m}$$

$$= 900,62 \text{ kg/m}$$

### 3. Perhitungan Gaya Dalam :



Gambar 4. 20 Ilustrasi Pembebanan Pada Balok Utama Tangga

#### - Perhitungan RA dan RB :

$$\sum M_A = 0$$

$$RB =$$

$$\frac{P_u \times 1,95 + q_{u1} \times 3,9 \times 1,95 + q_{u2} \times 1,75 \times (0,875 + 3,9)}{5,65}$$

$$RB = 3081,45 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$RA =$$

$$\frac{P_u \times (1,95 + 1,75) + q_{u1} \times 3,9 \times (1,95 + 1,75) + q_{u2} \times 1,75 \times 0,875}{5,65}$$

$$RA = 3563,54 \text{ kg}$$

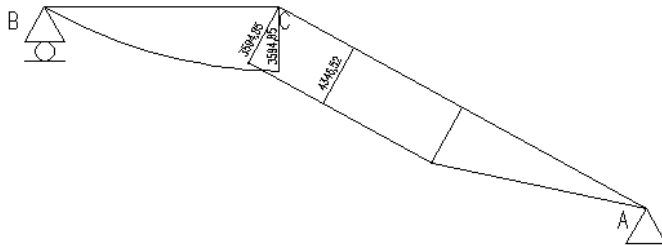
$$\sum V = 0$$

$$RA + RB - P_u - (q_{u1} \times 3,9) - (q_{u2} \times 1,75) = 0$$

$$3563,54 \text{ kg} + 3081,45 \text{ kg} - 216,92 \text{ kg} - (1244,1 \text{ kg/m} \times 3,9 \text{ m})$$

$$- (900,62 \text{ kg/m} \times 1,75) = 0 \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Bidang Momen :



Gambar 4. 21 Bidang Momen Balok Utama Tangga

• A – C

$$M_x = R_A \cdot X - \frac{q_{u1} \cdot X^2}{2}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_A = 0 \text{ kg.m}$$

$$M_x = R_A \cdot X - \frac{q_{u1} \cdot X^2}{2} - P_U \cdot (X - 1,95)$$

$$X = 3,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_C &= 3563,54 \text{ kg} \times 3,9 \text{ m} - \frac{1244,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (3,9\text{m})^2}{2} - 216,92 \\ &\quad \text{kg} \times (3,9 - 1,95) \text{ m} \\ &= 4013,45 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen Maksimum Terjadi Jika  $\frac{dM_x}{dx} = 0$ , Maka :

$$\frac{dM_x}{dx} = R_A - q_U \cdot X - P_U$$

$$0 = 3563,54 \text{ kg} - 1244,1 \text{ kg/m} \cdot X - 216,92 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} X &= \frac{3563,54 \text{ kg} - 216,92 \text{ kg}}{1244,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}} \\ &= 2,69 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_A \cdot X - \frac{q_u \cdot X^2}{2} - P_U \cdot (X - 1,95) \\
 &= 3563,54 \text{ kg} \times 2,69 \text{ m} - \frac{1244,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (2,69 \text{ m})^2}{2} \\
 &\quad - 216,92 \text{ kg} \times (2,69 - 1,95) \text{ m} \\
 &= 4924,20 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

• B – C

$$M_x = R_B \cdot X - \frac{q_{u2} \cdot X^2}{2}$$

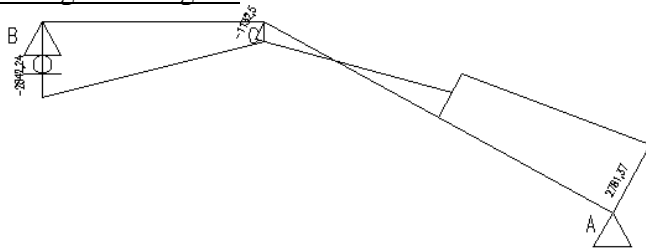
$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_B = 0 \text{ kg.m}$$

$$X = 1,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_C &= 3081,45 \text{ kg} \times 1,75 \text{ m} - \frac{900,62 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (1,75 \text{ m})^2}{2} \\
 &= 4013,45 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Bidang D :



Gambar 4. 22 Bidang D (Gaya Geser) Balok Utama Tangga

$$D_X = R_A \cdot \cos \alpha - q_{u1} \cdot X \cdot \cos \alpha - P_U \cdot \cos \alpha$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 D_{A_{ki}} &= 3563,54 \text{ kg} \times \cos 26,57^\circ - 1244,1 \text{ kg/m} \times 0 \text{ m} \\
 &\quad \times \cos 26,57^\circ \\
 &= 3187,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

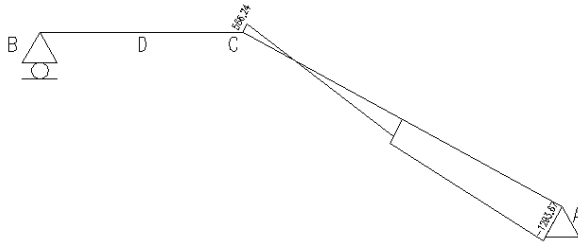
$$\begin{aligned}
 X &= 3,9 \text{ m} \\
 DC_{ka} &= 3563,54 \text{ kg} \times \cos 26,57^\circ - 1244,1 \text{ kg/m} \times 3,9 \text{ m} \\
 &\quad \times \cos 26,57^\circ - 216,92 \text{ kg} \times \cos 26,57^\circ \\
 &= -1346,43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

• B – C

$$\begin{aligned}
 DX &= -RB + q_{U2} \cdot X \\
 X &= 0 \text{ m} \\
 DB_{ka} &= -3081,45 \text{ kg} + 900,62 \text{ kg/m} \times 0 \text{ m} \\
 &= -3081,45 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 1,75 \text{ m} \\
 DC_{ki} &= -3081,45 \text{ kg} + 900,62 \text{ kg/m} \times 1,75 \text{ m} \\
 &= -1505,36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Bidang N :



Gambar 4. 23 Bidang N (Gaya Aksial) Balok Utama Tangga

• A – C

$$\begin{aligned}
 NX &= RA \cdot \sin \alpha - q_U \cdot X \cdot \sin \alpha - P_U \cdot \sin \alpha \\
 X &= 0 \text{ m} \\
 NA_{ki} &= 3563,54 \text{ kg} \times \sin 26,57^\circ - 1244,1 \text{ kg/m} \times 0 \text{ m} \\
 &\quad \times \sin 26,57^\circ - 216,92 \text{ kg} \times \sin 26,57^\circ \\
 &= -1496,65 \text{ kg} \\
 X &= 3,9 \text{ m} \\
 NC_{ka} &= 3563,54 \text{ kg} \times \sin 26,57^\circ - 1244,1 \text{ kg/m} \times 3,9 \text{ m} \\
 &\quad \times \sin 26,57^\circ - 216,92 \text{ kg} \times \sin 26,57^\circ \\
 &= 673,22 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- C – B
- N = 0

4. Kontrol Penampang Profil :

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal :  
Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256 \text{ mm}}{5,5 \text{ mm}} = 46,55$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \quad \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{149 \text{ mm}}{2 \times 8 \text{ mm}} = 9,31$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \lambda_{pf} \quad \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Penampang Kompak :

$$M_n = M_p$$

$$= Z_x \times f_y$$

$$= 455 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1159531,09 \text{ kg.cm} = 11595,31 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral :

Panjang tak terkekang ( $L_b$ ) adalah jarak antar pengaku bondek.

$$L_b = 20 \text{ cm}$$

Dari tabel  $L_p$  dan  $L_r$  diperoleh nilai sebagai berikut :

$$L_p = 163,777 \text{ cm}$$

$$L_r = 458,415 \text{ cm}$$

Dikarenakan  $L_b < L_p$  maka balok termasuk dalam bentang pendek, sehingga :

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 455 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1159531,09 \text{ kg.cm} = 11595,31 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

**Cek Kemampuan Penampang :**

$\phi_b \times M_n$	$\geq$	$M_U$	
$0,9 \times 11595,31 \text{ kg.m}$	$\geq$	$4924,2 \text{ kg.m}$	
$10435,78 \text{ kg.m}$	$>$	$4924,2 \text{ kg.m}$	<b>(OK)</b>

- **Kontrol Geser :**

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1 ; K_v = 5$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256 \text{ mm}}{5.5 \text{ mm}} = 46,55$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2 \times 10^5}{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad \rightarrow \text{Kondisi Geser Plastis}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (29,8 \text{ cm} \times 0,55 \text{ cm}) \times 1 \\ &= 25061,16 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 25061,16 \text{ kg} \\ &= 22555,05 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat,	$V_U$	$\leq$	$\phi V_n$	
	$3187,33 \text{ kg}$	$<$	$22555,05 \text{ kg}$	<b>(OK)</b>

- **Kontrol Interaksi Tekan–Lentur :**

$$\begin{aligned} L &= \frac{\text{panjang tangga}}{\cos \alpha} \\ &= \frac{390 \text{ cm}}{\cos 26,57^\circ} = 436,03 \text{ cm} \end{aligned}$$



$K_c = 2$  (sendi – rol)

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{\left(\frac{2 \times 436,03 \text{ cm}}{3,29 \text{ cm}}\right)^2} = 286,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2548,42 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{286,39 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 8,9$$

Dikarenakan  $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$ , maka :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0,877 \times F_e \\ &= 0,877 \times 286,39 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 279,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times F_{cr} \\ &= 40,8 \text{ cm}^2 \times 279,8 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11415,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

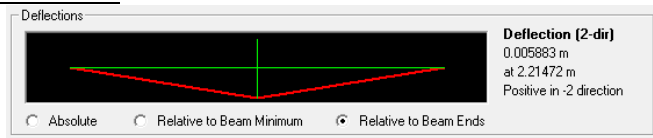
$$\begin{aligned} \phi N_n &= 0,85 \times 11415,84 \text{ kg} \\ &= 9703,47 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Persamaan Interaksi :

$$\begin{aligned} \frac{N_u}{\phi N_n} &\leq 0,2 \\ \frac{1496,65 \text{ kg}}{9703,47 \text{ kg}} &\leq 0,2 \\ 0,15 &< 0,2 \\ \frac{N_u}{\phi N_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi b \times M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b \times M_{ny}} \right) &\leq 1 \\ 0,15 + \left( \frac{4924,2}{10435,78} + 0 \right) &\leq 1 \end{aligned}$$

$$0,63 \leq 1 \quad (\text{OK})$$

- Lendutan :



Gambar 4. 24 Lendutan yang Terjadi

Lendutan yang terjadi diperoleh dari output program bantu *SAP 2000 v14* sebesar 0,5883 cm

$$f^o = 0,5883 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{436,03 \text{ cm}}{360} = 1,21 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Syarat,} & f^o & \leq f_{ijin} \\ & 0,5883 \text{ cm} & < 1,21 \text{ cm} \quad \text{(OK)} \end{array}$$

Profil WF 300 x 150 x 5.5 x 8 dapat digunakan sebagai balok utama tangga pada gedung fakultas ekonomi UNSOED.

#### 4.4.4 Perencanaan Balok Penumpu Bordes

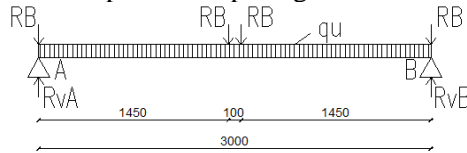
Balok penumpu bordes direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 5.5 x 8, dengan data-data sebagai berikut :

$d = 298 \text{ mm}$	$i_x = 12,4 \text{ cm}$
$b_f = 149 \text{ mm}$	$i_y = 3,29 \text{ cm}$
$t_f = 8 \text{ mm}$	$Z_x = 455 \text{ cm}^3$
$t_w = 5,5 \text{ mm}$	$Z_y = 91 \text{ cm}^3$
$A = 40,8 \text{ cm}^2$	$S_x = 424 \text{ cm}^3$
$W = 32 \text{ kg/m}$	$S_y = 59,3 \text{ cm}^3$
$I_x = 6320 \text{ cm}^4$	$r = 13 \text{ mm}$
$I_y = 442 \text{ cm}^4$	$h = d - 2 (t_f + r) = 256 \text{ mm}$

1. Perencanaan Pembebanan :

Pembebanan pada balok penumpu bordes berasal dari gaya reaksi RB yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya itu akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu bordes. Pada balok penumpu bordes juga bekerja sebagai beban merata yaitu berasal dari dinding setengah dari

tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu bordes dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. 25 Pembebanan Balok Penumpu Bordes

$$RB = 3081,45 \text{ kg}$$

- Beban Mati Merata :

$$\text{Berat profil balok} = 32 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 2,1 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = 157,5 \text{ kg/m} +$$

$$= 189,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan, dll (10\%)} = 18,95 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 208,45 \text{ kg/m}$$

2. Gaya Dalam :

- Reaksi Tumpuan :

$$\sum MB = 0$$

$$R_{VA} \times 3 - RB \times 3 - RB \times 1,55 - RB \times 1,45 - q \times 3 \times \frac{3}{2} = 0$$

$$R_{VA} =$$

$$\frac{3081,45 \times 3 + 3081,45 \times 1,55 + 3081,45 \times 1,45 - 208,45 \times 3 \times \frac{3}{2}}{3}$$

$$= 6475,57 \text{ kg}$$

- Gaya Geser :

$$V_u = - R_{VA} = - 6475,57 \text{ kg}$$

- Momen Maksimum :

$$M_{max} = R_{VA} \times 1,5 \text{ m} - RB \times 1,5 \text{ m} - RB \times 0,05 \text{ m}$$

$$- q \times 1,5 \text{ m} \times \frac{1,5}{2}$$

$$= 6465,17 \text{ kg} \times 1,5 \text{ m} - 3081,45 \text{ kg} \times 1,5 \text{ m} -$$

$$3081,45 \text{ kg} \times 0,05 \text{ m} - 208,45 \text{ kg/m} \times 1,5 \text{ m} \times \frac{1,5}{2}$$

$$= 4702,60 \text{ kg.m}$$

### 3. Kontrol Penampang :

#### - Kontrol Penampang :

##### Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256 \text{ mm}}{5,5 \text{ mm}} = 46,55$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \quad \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

##### Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{149 \text{ mm}}{2 \times 8 \text{ mm}} = 9,31$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \lambda_{pf} \quad \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

#### Penampang Kompak :

$$M_n = M_p$$

$$= Z_x \times f_y$$

$$= 455 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1159531,09 \text{ kg.cm} = 11595,31 \text{ kg.m}$$

#### - Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral :

Panjang tak terkekang ( $L_b$ ) adalah panjang miring tangga.

$$L_b = 145 \text{ cm}$$

Dari tabel  $L_p$  dan  $L_r$  diperoleh nilai sebagai berikut :

$$L_p = 163,777 \text{ cm}$$

$$L_r = 458,415 \text{ cm}$$

Dikarenakan  $L_b < L_p$  maka balok termasuk dalam bentang pendek, sehingga :

$$M_p = Z_x \times f_y$$

$$= 455 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 = 11595,31 \text{ kg.m}$$

**Cek Kemampuan Penampang :**

$$\begin{aligned}
 \phi_b \times M_n &\geq M_U \\
 0,9 \times 11595,31 \text{ kg.m} &\geq 4702,60 \text{ kg.m} \\
 10435,78 \text{ kg.m} &> 4702,60 \text{ kg.m} \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

**4. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser :**

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1 ; K_v = 5$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256 \text{ mm}}{5.5 \text{ mm}} = 46,55$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2 \times 10^5}{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad \rightarrow \textbf{Kondisi Geser Plastis}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\
 &= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (29,8 \text{ cm} \times 0,55 \text{ cm}) \times 1 \\
 &= 25061,16 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,9 \times 25061,16 \text{ kg} \\
 &= 22555,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat, } V_U &\leq \phi V_n \\
 6475,57 \text{ kg} &< 22555,05 \text{ kg} \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

**5. Kontrol Lendutan :**

$$f^o = \frac{5 \times Q_{DL} \times L^4}{384 \times E \times I_X} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I_X}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5 \times ((2,08) \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times (300 \text{ cm})^4}{384 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 6320 \text{ cm}^4} + \frac{3081,45 \text{ kg} \times (300 \text{ cm})^3}{48 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 6320 \text{ cm}^4} \\
 &= 0,29 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300 \text{ cm}}{360} = 0,83 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat, } f^o \leq f_{ijin}$$

$$0,29 \text{ cm} < 0,83 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Profil WF 300 x 150 x 5,5 x 8 dapat digunakan sebagai balok penumpu bordes pada tangga gedung fakultas ekonomi UNSOED.

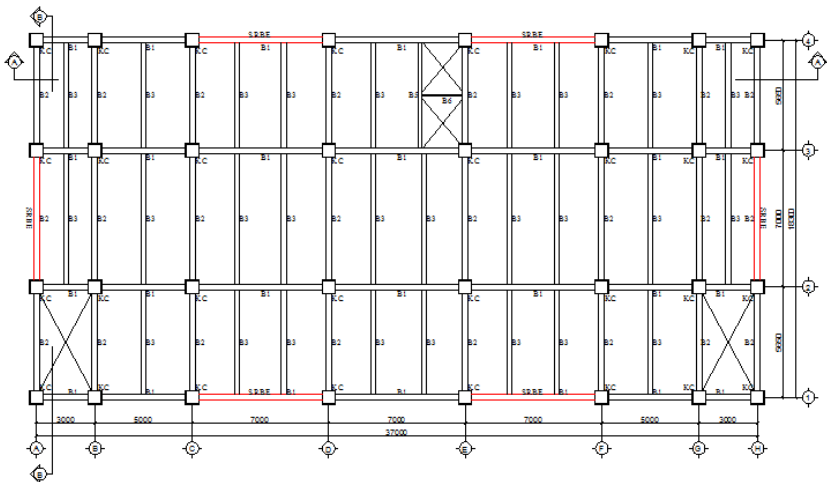
- Pada anak tangga dipasang tulangan minimum sebesar :
  - (Pasal 14.3.3 (c) SNI 2847:2013)
  - $\rho_{min} = 0,002$
  - (Pasal 7.7.1 SNI 2847:2013)
  - Selimut beton = 20 mm Maka,  $A_{s_{min}} = \rho_{min} \times b \times d$
  - $= 0,002 \times 300 \text{ mm} \times (150 \text{ mm} - 20 \text{ mm})$
  - $= 78 \text{ mm}^2$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø8 ( $A_s = 50,24 \text{ mm}^2$ ). Sehingga dipasang tulangan 2Ø8.

## BAB V PERMODELAN STRUKTUR

### 5.1 Penjelasan Umum

Permodelan Struktur pada tugas akhir ini menggunakan sistem rangka bresing eksentrik (SRBE). Struktur rangka bresing eksentrik berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED yang terdiri dari 12 lantai dengan 1 lantai atap dengan pelat dak beton dan total tinggi bangunan 50,40 m. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



Gambar 5. 1 Denah Struktur Gedung Fakultas Ekonomi  
UNSOED

Pada Gambar 5.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horizontal gambar. Bresing yang dipergunakan pada tugas akhir ini adalah tipe bresing eksentrik dengan konfigurasi *inverted v*.

Permodelan struktur menggunakan program bantu *SAP 2000v14*. Program ini akan membantu dalam permodelan gedung dengan kondisi yang nyata dan beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mendesain apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di *SNI 1726:2012* (Gempa) dan *SNI 1729:2015* (Baja).

## 5.2 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan pada struktur utama Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED diambil berdasarkan peraturan yang berlaku, peraturannya adalah sebagai berikut :

- *SNI 1727:2013* (Pembebanan Gedung dan Struktur Lain)
- *ASCE 7-10* (*Minimum Design Load*)
- *PPIUG 1983* (Peraturan Pembebanan Gedung)

Beban yang diinput pada gedung dengan rincian sebagai berikut :

### a. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati pada struktur terdiri dari beban sendiri bangunan (diperoleh dari program bantu *SAP 2000v14*) dan beban mati tambahan seperti beban dinding dan beban merata. Beban mati yang diinput pada struktur ini antara lain :

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Berat pelat bondek sebesar  $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, balok, dan bresing dengan massa jenis sebesar  $7850 \text{ kg/m}^3$
- Beban dinding bata ringan sebesar  $75 \text{ kg/m}^2$
- Beban aspal sebesar  $14 \text{ kg/m}^2$  untuk setiap ketebalan 1 cm
- Beban keramik sebesar  $24 \text{ kg/m}^2$  untuk setiap ketebalan 1 cm
- Beban spesi sebesar  $21 \text{ kg/m}^2$  untuk setiap ketebalan 1 cm



- Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar 19,1 kg/m<sup>2</sup>
- Beban penggantung sebesar 7 kg/m<sup>2</sup>
- Beban plafond sebesar 11 kg/m<sup>2</sup>
- Beban *lift* adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban *lift* terlampir.

**b. Beban Hidup (*Live Load*)**

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

- Lantai atap = 97,86 kg/cm<sup>2</sup>
- Lantai sekolah = 488,28 kg/cm<sup>2</sup>

**c. Beban Gempa (*Earthquake Load*)**

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari website dinas pekerjaan umum (dengan lokasi input berada di Padang).

### **5.3 Pembebanan Gempa Dinamis**

Pada struktur Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED ini mempunyai jumlah 12 lantai dan 1 lantai atap dengan ketinggian 50,4 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai *SNI 1726:2012*. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

#### **5.3.1 Penentuan Klasifikasi Situs**

Penentuan jenis tanah untuk peninjauan gempa adalah data tanah pada lapisan setebal maksimum 30 m paling atas sesuai *SNI 1726:2012*.

Data tanah pada bangunan ini berada pada lampiran dan dirangkum berdasarkan kedalaman dari jenis tanah seperti yang terdapat pada *Tabel 5.1*.

Tabel 5. 1 Rangkuman Data Tanah Kedalaman 42 m

Lapisan ke-i	Tebal Lapisan (di) (m)	Deskripsi Jenis Tanah	Nilai N-SPT	di/N
1	3	tanah timbunan (sirtu)	7	0,43
2	8	lanau berlempung berpasir berbatu karang	9	0,86
3	13	lempung berlanau berpasir berbatu karang	13,5	0,96
4	2	lanau berlempung berpasir berbatu karang	18	0,11
5	8	lempung berlanau berpasir berbatu karang	7	1,14
6	8	lempung berlanau berkerikil	73	0,11
<b>Total</b>	<b>42</b>			<b>3,61</b>

Berdasarkan hasil dari tabel tersebut maka nilai  $\bar{N}$  adalah :

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} < 15$$

$$\bar{N} = \frac{42}{3,61} < 15$$

$$\bar{N} = 11,63 < 15$$

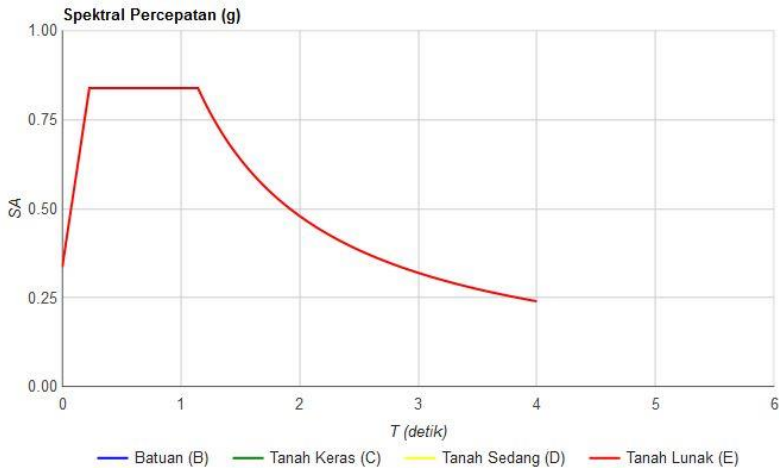
Dikarenakan nilai  $\bar{N} < 15$  maka jenis tanahnya termasuk tanah lunak.

### 5.3.2 Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Berikut ini adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Padang dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE) :

Tabel 5. 2 Parameter Respon Gempa Wilayah Padang Untuk Kelas Situs SE (Tanah Lunak)

Variabel	Nilai
<b>PGA (g)</b>	0,515
<b>S<sub>s</sub> (g)</b>	1,398
<b>S<sub>1</sub> (g)</b>	0,6
<b>F<sub>a</sub></b>	0,9
<b>F<sub>v</sub></b>	2,4
<b>S<sub>MS</sub> (g)</b>	1,258
<b>S<sub>M1</sub> (g)</b>	1,440
<b>S<sub>DS</sub> (g)</b>	0,9
<b>S<sub>D1</sub> (g)</b>	0,64
<b>T0 (detik)</b>	0,229
<b>TS (detik)</b>	1,144



Gambar 5. 2 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Padang Dengan Periode Ulang 500 Tahun

### 5.3.3 Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah tidak terduga baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :  
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

$$\begin{aligned}
 \text{Skala faktor 100\%} &= 100\% \times g \times \frac{I}{R} \\
 &= 100\% \times 9,81 \times \frac{1,5}{8} \\
 &= 1,84
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Skala faktor 100\%} &= 30\% \times g \times \frac{I}{R} \\
 &= 30\% \times 9,81 \times \frac{1,5}{8} \\
 &= 0,55
 \end{aligned}$$

#### 5.3.4 Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan dengan Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan. Berdasarkan *Tabel 9 SNI 1726:2012* untuk rangka baja dengan bresing eksentris, didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) = 4, dan nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 8.

#### 5.3.5 Faktor Keutamaan(I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$ . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan sekolah. Pada *Tabel 1 SNI 1726:2012* berdasarkan fungsi bangunan yang telah disebutkan sebelumnya, maka bangunan ini termasuk kategori IV sehingga didapat nilai  $I = 1,5$ .

#### 5.3.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak didalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban *LRFD (Load Resistance Factor Design)*.

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada *SNI 1726:2012* tentang bangunan tahan gempa sebagai berikut :

- 1 D + 1 L
- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L
- 1,2 D + 1 L
- 1,2 D + 1 Ex + 1 L
- 1,2 D + 1 Ey + 1 L
- 0,9 D + Ex
- 0,9 D + Ey

**Keterangan :**

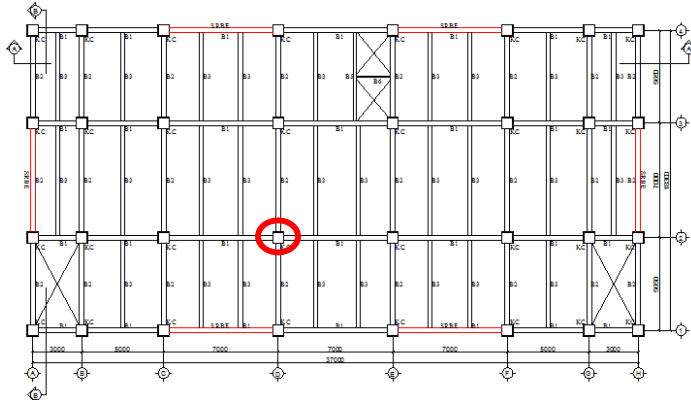
D : Beban mati

L : Beban hidup lantai

E : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

#### 5.4 Kontrol Permodelan Struktur

Setelah dilakukan permodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu *SAP 2000v14*, untuk membuktikan hasil permodelan struktur sesuai dengan kenyataan aslinya, perlu dilakukan pengecekan dengan perhitungan manual, dengan meninjau satu kolom, dengan kombinasi 1D + 1L.



Gambar 5. 3 Area Pembebanan Pada Kolom yang Ditinjau

Hasil dari analisa *SAP 2000v14* harus sesuai dengan perhitungan manual dengan batasan perbedaan 5 % .

- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Berat Jenis Baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>
- Berat Bata Ringan = 75 kg/m<sup>2</sup>

Rincian pembebanan untuk beban pelat adalah:

**a. Beban Mati**

- Pelat Atap = 65,1 kg/m<sup>2</sup>
- Pelat Lantai = 106,1 kg/m<sup>2</sup>

**b. Beban Hidup**

- Pelat Atap = 97,86 kg/m<sup>2</sup>
- Pelat Lantai = 488,28 kg/m<sup>2</sup>

Untuk perhitungan manual total berat bangunan pada kolom yang ditinjau (1 D + 1 L) adalah sebesar 577850,87 kg.

Tabel 5. 3 Hasil Output Joint Reaction Dengan Kombinasi Beban 1D + 1L Program Bantu *SAP 2000v14*

Joint	OutputCase	CaseType	F3 (Kgf)
21	1D+1L	Combination	553110,19

Hasil berat bangunan (1 D + 1 L) dari *SAP 2000v14* adalah 562190,17 kg. Selisih antara perhitungan manual dengan hasil output dari *SAP 2000v14* adalah sebagai berikut :

$$\frac{577850,87 \text{ kg} - 553110,19 \text{ kg}}{553110,19 \text{ kg}} \times 100 \% < 5 \%$$

$$4,47 \% < 5 \%$$

**Maka permodelan struktur dapat diterima.**

## 5.5 Kontrol Desain

Setelah dilakukan permodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu *SAP 2000 v14*, hasil analisis struktur harus dikontrol

terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan *SNI 1726:2012* untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol waktu getar alami fundamental.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*).

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

### 5.5.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut *Pasal 7.9.1 SNI 1726:2012*, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90 % dari massa aktual dari masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program *SAP 2000 v14* untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada *Tabel 5.4* berikut :

Tabel 5. 4 Rasio Partisipasi Massa Gedung Fakultas Ekonomi  
UNSOED

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
MODAL	Mode	1	2,226E-07	0,748
MODAL	Mode	2	0,748	0,748
MODAL	Mode	3	0,748	0,748
MODAL	Mode	4	0,748	0,861
MODAL	Mode	5	0,867	0,861



Tabel 5. 5 Rasio Partisipasi Massa Gedung Fakultas Ekonomi  
UNSOED (Lanjutan)

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
MODAL	Mode	6	0,867	0,861
MODAL	Mode	7	0,867	<b>0,9</b>
MODAL	Mode	8	<b>0,906</b>	0,9
MODAL	Mode	9	0,906	0,9
MODAL	Mode	10	0,906	0,923
MODAL	Mode	11	0,927	0,923
MODAL	Mode	12	0,927	0,923

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 90,6 % pada mode ke 8 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90 % pada mode ke 7. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada *Pasal 7.9.1 SNI 1726:2012* yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90 %.

### 5.5.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan *SNI 1726:2012*, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ .

Struktur Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED ini dengan ketinggian 50,4 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan bresing eksentrik sehingga pada *Tabel 15 SNI 1726:2012* didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 50,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 T &= C_t \cdot h_n^x \\
 &= 0,0731 \times 50,4^{0,75} \\
 &= 1,38 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari *Tabel 14 SNI 1726:2012*, untuk nilai  $S_{D1} = 0,64$ , maka :

$$\begin{aligned}
 T_a \text{ max} &= C_u \times T_a \text{ min} \\
 &= 1,4 \times 1,38 \text{ s} \\
 &= 1,94 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis *SAP 2000v14* periode dan frekuensi struktur dapat dilihat pada *Tabel 5.6*

Tabel 5. 6 Periode dan Frekuensi Struktur

OutputCase	StepType	StepNum	Period (Sec)	Frequency (Cyc/Sec)
MODAL	Mode	1	0,996068	1,0039
MODAL	Mode	2	0,862099	1,16
MODAL	Mode	3	0,728045	1,3735
MODAL	Mode	4	0,331766	3,0142
MODAL	Mode	5	0,287671	3,4762
MODAL	Mode	6	0,247063	4,0475
MODAL	Mode	7	0,18466	5,4154
MODAL	Mode	8	0,158612	6,3047
MODAL	Mode	9	0,138502	7,2201
MODAL	Mode	10	0,125255	7,9837
MODAL	Mode	11	0,10857	9,2106
MODAL	Mode	12	0,102435	9,7623

Dari perhitungan sebelumnya didapat  $T = 1,38 \text{ s}$  dan  $T_a \text{ max} = 1,94 \text{ s}$ . Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai  $T$  dari Output SAP masih dalam batas periode yang diijinkan.

Sehingga analisis struktur Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED masih memenuhi syarat *Pasal 7.8.2 SNI 1726:2012*.

### 5.5.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan *SNI 1726:2012*, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \text{ (Pasal 7.8.1 SNI 1726:2012)}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } C_{s1} &= S_{DS} / (R / I_e) \quad * \text{Persamaan (22) pada SNI 1726:2012} \\ &= 0,9 / (8 / 1,5) \\ &= 0,169 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } C_{s2} &= S_{D1} / (T \times (R / I_e)) * \text{Persamaan (23) pada SNI 1726:2012} \\ &= 0,64 / (1,38 \times (8 / 1,5)) \\ &= 0,087 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } C_{s3} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,9 \times 1,5 \geq 0,01 \\ &= 0,059 \geq 0,01 \end{aligned}$$

*\*Persamaan (24) pada SNI 1726:2012*

**Persyaratan Koefisien Seismik** *\*Pasal 7.8.1.1 pada SNI 1726:2012*

$$\begin{aligned} C_{s2} &\leq C_{s1} \leq C_{s3} \\ 0,059 &< 0,169 > 0,087 \end{aligned}$$

Maka, Nilai  $C_s$  yang digunakan adalah 0,087

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur Gedung Fakultas

Tabel 5. 7 Reaksi Dasar Struktur Bangunan

OutputCase	CaseType	GlobalFX (Kgf)	GlobalFY (Kgf)	GlobalFZ (Kgf)
1D + 1L	Combination	8,512E-09	4,537E-09	10227564,82

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 10227564,82 kg Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \times W \\
 &= 0,086 \times 10227564.82 \text{ kg} \\
 &= 887591,65 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program *SAP 2000v14* didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 5. 8 Hasil Output Gaya Geser Akibat Beban Gempa

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX (Kgf)	GlobalFY (Kgf)
QUAKE X	LinRespSpec	Max	541737,69	162471,04
QUAKE Y	LinRespSpec	Max	162521,66	541568,96

### Cek Hasil Respon Spektrum :

#### **Arah Gempa X**

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \cdot V_{\text{statik}} \\
 541737,69 \text{ kg} &\geq 85\% \cdot 887591,65 \text{ kg} \\
 541737,69 \text{ kg} &< 754452,9 \text{ kg} \quad \dots \text{NO!}
 \end{aligned}$$

#### **Arah Gempa Y**

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \cdot V_{\text{statik}} \\
 541568,96 \text{ kg} &\geq 85\% \cdot 887591,65 \text{ kg} \\
 541568,96 \text{ kg} &< 754452,9 \text{ kg} \quad \dots \text{NO!}
 \end{aligned}$$

Dari kontrol nilai akhir respons di atas, analisis struktur Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED belum memenuhi syarat nilai akhir respons. *Pasal 11.1.4 SNI 1726:2012* menjelaskan bahwa jika gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus

diperbesar dengan faktor skala  $0,85 \times \frac{C_s \times W}{V}$ .

- Gempa arah x :

$$0,85 \times \frac{V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik}}} = 0,85 \times \frac{887591,65 \text{ kg}}{541737,69 \text{ kg}} = 1,3927$$

- Gempa arah y :

$$0,85 \times \frac{V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik}}} = 0,85 \times \frac{887591,65 \text{ kg}}{541568,96 \text{ kg}} = 1,3931$$

Setelah dikalikan faktor skala di atas, didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

Tabel 5. 9 Kontrol Simpangan yang Terjadi Akibat Beban Gempa

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX (Kgf)	GlobalFY (Kgf)
QUAKE X	LinRespSpec	Max	754478,8	226270,68
QUAKE Y	LinRespSpec	Max	226429,54	754479,35

#### Arah Gempa X

$$\begin{aligned} V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \cdot V_{\text{statik}} \\ 754478,8 \text{ kg} &\geq 85\% \cdot 887591,65 \text{ kg} \\ 754478,8 \text{ kg} &> 754452,9 \text{ kg} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

#### Arah Gempa Y

$$\begin{aligned} 754479,35 \text{ kg} &\geq 85\% \cdot 887591,65 \text{ kg} \\ 754479,35 \text{ kg} &> 754452,9 \text{ kg} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Dari kontrol nilai akhir respons di atas, analisis struktur Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED masih memenuhi persyaratan nilai akhir respons sesuai dengan *Pasal 7.8 SNI 1726:2012*.

#### 5.5.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan *SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3* untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i < \Delta_a$$

**Dimana :**

$\Delta_i$  = Simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkal 1 :

$$\Delta_1 = C_d \times \delta_{e1}/I$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkal 1 :

$$\Delta_2 = C_d \times (\delta_{e2} - \delta_{e1})/I$$

**Dimana :**

$\delta_{e1}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta_{e2}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I$  = Faktor keutamaan gedung

Berdasarkan *Tabel 9 SNI 1726:2012* untuk sistem rangka bresing eksentrik diperoleh nilai  $C_d = 4$  dan berdasarkan *Tabel 2 SNI 1726:2012* diperoleh nilai  $I = 1,5$ . Menurut *Tabel 16 SNI 1726:2012* untuk sistem stuktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah sebagai berikut :

$$\Delta_a = 0,020 \cdot h_{sx}$$

**Dimana :**

$h_{sx}$  = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

Masing-masing tinggi tingkat pada Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED adalah 4,2 m. Maka simpangan ijinnya sebagai berikut :

$$\Delta_a = 0,020 \cdot h_{sx}$$

$$= 0,020 \times 4,2 \text{ m}$$

$$= 0,084 \text{ m}$$

Dari analisa akibat beban lateral (beban gempa) dengan program bantu *SAP 2000 v14*, diperoleh nilai simpangan yang terjadi, kemudian dilakukan kontrol simpangan sesuai dengan *SNI 1726:2012* sebagai berikut :

Tabel 5. 10 Kontrol Simpangan yang Terjadi Akibat Beban  
Gempa Pada Arah X

lantai	hi (m)	hsx (m)	$\delta e$ (m)	$\delta$ (m)	$\Delta$ (m)	$\Delta a$ (m)	Ket.
		h - (hi-1)		$\delta e \times$ Cd/I	$\delta i -$ $\delta(i-1)$	$0.02 * h_{sx}$	
0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	OK
1	4.20	4.20	0.00	0.00	0.01	0.084	OK
2	8.40	4.20	0.00	0.02	0.01	0.084	OK
3	12.60	4.20	0.01	0.03	0.02	0.084	OK
4	16.80	4.20	0.02	0.05	0.02	0.084	OK
5	21.00	4.20	0.02	0.07	0.02	0.084	OK
6	25.20	4.20	0.03	0.08	0.02	0.084	OK
7	29.40	4.20	0.03	0.10	0.01	0.084	OK
8	33.60	4.20	0.04	0.11	0.01	0.084	OK
9	37.80	4.20	0.04	0.12	0.01	0.084	OK
10	42.00	4.20	0.05	0.13	0.01	0.084	OK
11	46.20	4.20	0.05	0.14	0.01	0.084	OK
12	50.40	4.20	0.05	0.14	0.01	0.084	OK

Tabel 5. 11 Kontrol Simpangan yang Terjadi Akibat Beban  
Gempa Pada Arah Y

lantai	hi (m)	hsx (m)	$\delta e$ (m)	$\delta$ (m)	$\Delta$ (m)	$\Delta a$ (m)	Ket .
		h - (hi-1)		$\delta e \times$ Cd/I	$\delta i -$ $\delta(i-1)$	$0.02 * h_{sx}$	
0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	OK
1	4.20	4.20	0.00	0.01	0.01	0.084	OK
2	8.40	4.20	0.01	0.03	0.02	0.084	OK
3	12.60	4.20	0.01	0.05	0.02	0.084	OK

Tabel 5. 12 Kontrol Simpangan yang Terjadi Akibat Beban Gempa Pada Arah Y (Lanjutan)

lantai	hi (m)	hsx (m)	$\delta e$ (m)	$\delta$ (m)	$\Delta$ (m)	$\Delta a$ (m)	Ket.
		h - (hi-1)		$\delta e \times$ Cd/I	$\delta i -$ $\delta(i-1)$	$0.02 \times h_{sx}$	
4	16.80	4.20	0.02	0.07	0.02	0.084	OK
5	21.00	4.20	0.03	0.09	0.02	0.084	OK
6	25.20	4.20	0.04	0.11	0.02	0.084	OK
7	29.40	4.20	0.05	0.13	0.02	0.084	OK
8	33.60	4.20	0.05	0.15	0.02	0.084	OK
9	37.80	4.20	0.06	0.16	0.01	0.084	OK
10	42.00	4.20	0.06	0.17	0.01	0.084	OK
11	46.20	4.20	0.07	0.18	0.01	0.084	OK
12	50.40	4.20	0.07	0.19	0.01	0.084	OK

Berdasarkan hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED telah memenuhi persyaratan sesuai dengan *Pasal 7.9.3* dan *Pasal 7.12.1 SNI 1726:2012*.

### 5.5.5 Kontrol Sistem Ganda

Tabel 5. 13 Kontrol Sistem Ganda

Sistem Rangka	Gempa X		Gempa Y	
	kg	%	kg	%
SRBE	415065.44	55.00	369449.6	48.96
SRPM	339528.92	44.99	385087.6	51.04
<b>Total</b>	754594.36	100	754537.2	100

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa struktur gedung ini sudah memenuhi persyaratan sistem ganda, dengan gaya gempa yang diterima oleh SRPM sudah lebih besar dari 25% gaya gempa yang ditetapkan.

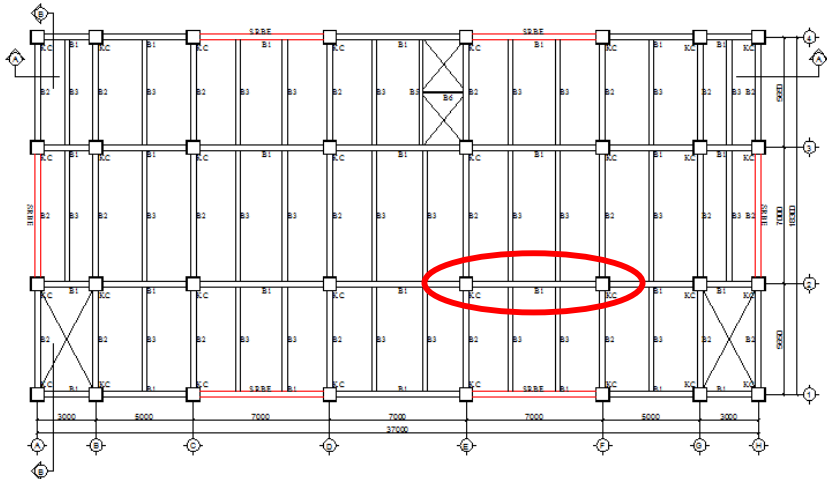


## BAB VI

### PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

#### 6.1 Perencanaan Struktur Balok

##### 6.1.1 Balok Induk Arah X



Gambar 6. 1 Lokasi Balok Induk Arah X *Frame* 388

Balok Induk Arah X direncanakan menggunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 17, dengan data perencanaan sebagai berikut :

$d$	$=$	582	mm	$i_x$	$=$	24,3	cm
$b_f$	$=$	300	mm	$i_y$	$=$	6,63	cm
$t_f$	$=$	17	mm	$Z_x$	$=$	3782	cm <sup>3</sup>
$t_w$	$=$	12	mm	$Z_y$	$=$	785	cm <sup>3</sup>
$A$	$=$	174,5	cm <sup>2</sup>	$S_x$	$=$	3530	cm <sup>3</sup>
$W$	$=$	137	kg/m	$S_y$	$=$	511	cm <sup>3</sup>
$I_x$	$=$	103000	cm <sup>4</sup>	$r$	$=$	28	mm
$I_y$	$=$	7670	cm <sup>4</sup>	$h$	$=$	492	mm

Dari Analisa permodelan dengan menggunakan program bantu *SAP 2000v14*, didapatkan gaya dalam terbesar pada *frame* 388 akibat kombinasi pembebanan 1,2D + 1Ex + 1L.

BJ 41

Panjang balok induk = 7 m

Jarak antar balok anak = 2,4 m

 $f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$  $f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$  $M_u = 44279,67 \text{ kg.m}$  $V_u = 21225,2 \text{ kg}$  $\delta = 0,002357 \text{ m} = 0,2357 \text{ cm}$ a. Kontrol lendutan balok (*LRFD Bab 5.5 Hal 88*)

- Lendutan ijin

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= \frac{L}{\frac{360}{700 \text{ cm}}} \\ &= \frac{360}{700} \\ &= 1,94 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Lendutan yang terjadi

$$\delta = 0,2357 \text{ cm}$$

- Syarat lendutan

$$\begin{aligned}\delta &< \delta_{ijin} \\ 0,2357 \text{ cm} &< 1,94 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

b. Kontrol tegangan geser (*Pasal G2 SNI 1729:2015*)

- Badan tanpa pengaku transversal

$$\begin{aligned}\frac{h}{t_w} &< 260 \\ \frac{492}{12} &< 260 \\ 41 &< 260 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Maka, koefisien tekuk geser pelat badan ( $k_v$ ) = 5

$$\frac{h}{t_w} < 1,1 \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\frac{492}{12} < 1,1 \sqrt{\frac{5 \times (2 \times 10^5)}{250}}$$

$$41 < 69,57 \rightarrow \mathbf{OK}$$

- Maka, koefisien geser badan ( $C_v$ ) = 1

- Kekuatan geser nominal

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (58,2 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm}) \times 1$$

$$= 106788,99 \text{ kg}$$

- Syarat kekuatan geser

$$V_u < \phi V_n$$

$$21225,2 \text{ kg} < 0,9 \times 106788,99 \text{ kg}$$

$$21225,2 \text{ kg} < 96110,09 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}$$

- c. Kontrol kuat lentur akibat tekuk lokal (*Pasal F2 dan Tabel B4.1 SNI 1729:2015*)

- Sayap

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 17} < 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$8,82 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \mathbf{Penampang Kompak}$$

- Badan

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{h}{t_w} < 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{492}{12} < 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$41 < 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Dikarenakan penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

- Momen nominal lentur

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 3782 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 9638124,36 \text{ kg.cm} = 96381,24 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Syarat kuat lentur

$$\begin{aligned} \mu &< \phi M_n \\ 44279,67 \text{ kg.m} &< 0,9 \times 96381,24 \text{ kg.m} \\ 44279,67 \text{ kg.m} &< 86743,12 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- d. Kontrol kuat lentur akibat tekuk lateral (*Pasal F2.2 SNI 1729:2015*)

Diketahui :

$$L_p = 330,044 \text{ cm}$$

$$L_r = 946,320 \text{ cm}$$

$$L_b = 240 \text{ cm (jarak antar balok anak)}$$

Dikarenakan  $L_b < L_p$  maka balok termasuk dalam bentang pendek, sehingga  $M_n = M_p$

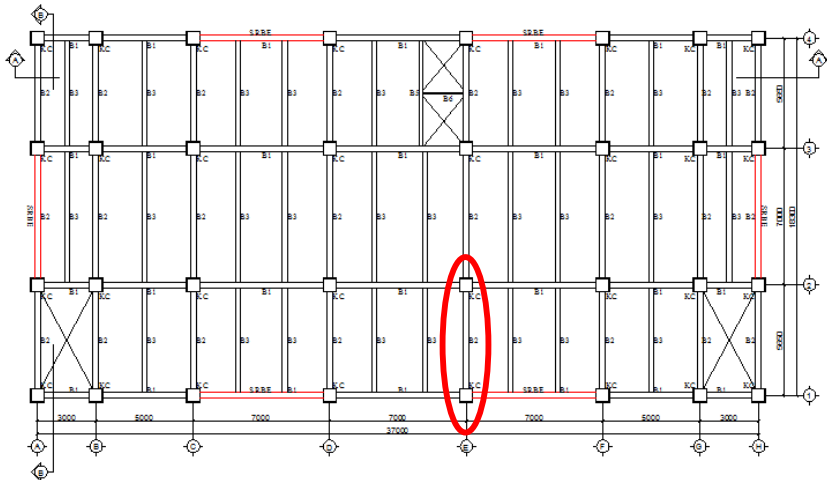
- Momen nominal lentur

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 3782 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 9638124,36 \text{ kg.cm} = 96381,24 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Syarat kuat lentur

$$\begin{aligned} \mu &< \phi M_n \\ 44279,67 \text{ kg.m} &< 0,9 \times 96381,24 \text{ kg.m} \\ 44279,67 \text{ kg.m} &< 86743,12 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

### 6.1.2 Balok Induk Arah Y



Gambar 6. 2 Lokasi Balok Induk Arah Y *Frame 368*

Balok Induk Arah Y direncanakan menggunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 17, dengan data perencanaan sebagai berikut :

$d = 582$	mm	$i_x = 24,3$	cm
$b_f = 300$	mm	$i_y = 6,63$	cm
$t_f = 17$	mm	$Z_x = 3782$	cm <sup>3</sup>
$t_w = 12$	mm	$Z_y = 785$	cm <sup>3</sup>
$A = 174,5$	cm <sup>2</sup>	$S_x = 3530$	cm <sup>3</sup>
$W = 137$	kg/m	$S_y = 511$	cm <sup>3</sup>
$I_x = 103000$	cm <sup>4</sup>	$r = 28$	mm
$I_y = 7670$	cm <sup>4</sup>	$h = 492$	mm

Dari Analisa permodelan dengan menggunakan program bantu *SAP 2000v14*, didapatkan gaya dalam terbesar pada *frame 368* akibat kombinasi pembebanan  $1,2D + 1E_y + 1L$ .

BJ 41

Panjang balok induk = 5,65 m

Jarak antar *shear connector* = 20 cm

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = 43522,04 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 18992,22 \text{ kg}$$

$$\delta = 0,000274 \text{ m} = 0,0274 \text{ cm}$$

a. Kontrol lendutan balok (*LRFD Bab 5.5 Hal 88*)

- Lendutan ijin

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= \frac{L}{360} \\ &= \frac{565 \text{ cm}}{360} \\ &= 1,57 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Lendutan yang terjadi

$$\delta = 0,0274 \text{ cm}$$

- Syarat lendutan

$$\begin{aligned}\delta &< \delta_{ijin} \\ 0,0274 \text{ cm} &< 1,57 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

b. Kontrol tegangan geser (*Pasal G2 SNI 1729:2015*)

- Badan tanpa pengaku transversal

$$\begin{aligned}\frac{h}{t_w} &< 260 \\ \frac{492}{12} &< 260 \\ 41 &< 260 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Maka, koefisien tekuk geser pelat badan ( $k_v$ ) = 5

$$\begin{aligned}\frac{h}{t_w} &< 1,1 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} \\ \frac{492}{12} &< 1,1 \sqrt{\frac{5 \times (2 \times 10^5)}{250}} \\ 41 &< 69,57 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Maka, koefisien geser badan ( $C_v$ ) = 1
- Kekuatan geser nominal  

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (58,2 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm}) \times 1$$

$$= 106788,99 \text{ kg}$$
- Syarat kekuatan geser  

$$V_u < \phi V_n$$

$$18992,22 \text{ kg} < 0,9 \times 106788,99 \text{ kg}$$

$$18992,22 \text{ kg} < 96110,09 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

c. Kontrol kuat lentur akibat tekuk lokal (*Pasal F2 dan Tabel B4.1 SNI 1729:2015,*)

- Sayap  

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 17} < 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$8,82 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$
- Badan  

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{h}{t_w} < 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{492}{12} < 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$41 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Dikarenakan penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

- Momen nominal lentur

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 3782 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 9638124,36 \text{ kg.cm} = 96381,24 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Syarat kuat lentur

$$\begin{aligned} \mu &< \phi M_n \\ 43522,04 \text{ kg.m} &< 0,9 \times 96381,2 \text{ kg.m} \\ 43522,04 \text{ kg.m} &< 86743,12 \text{ kg.m} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

- d. Kontrol kuat lentur akibat tekuk lateral (*Pasal F2.2 SNI 1729:2015*)

Diketahui :

$$L_p = 330,044 \text{ cm}$$

$$L_r = 946,320 \text{ cm}$$

$$L_b = 20 \text{ cm (jarak antar balok anak)}$$

Dikarenakan  $L_b < L_p$  maka balok termasuk dalam bentang pendek, sehingga  $M_n = M_p$

- Momen nominal lentur

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 3782 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 9638124,36 \text{ kg.cm} = 96381,24 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Syarat kuat lentur

$$\begin{aligned} \mu &< \phi M_n \\ 43522,04 \text{ kg.m} &< 0,9 \times 96381,2 \text{ kg.m} \\ 43522,04 \text{ kg.m} &< 86743,12 \text{ kg.m} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

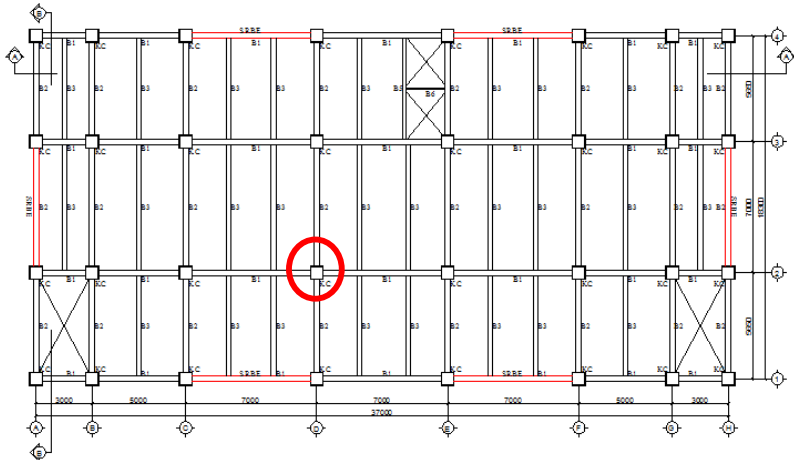


## 6.2 Perencanaan Struktur Kolom

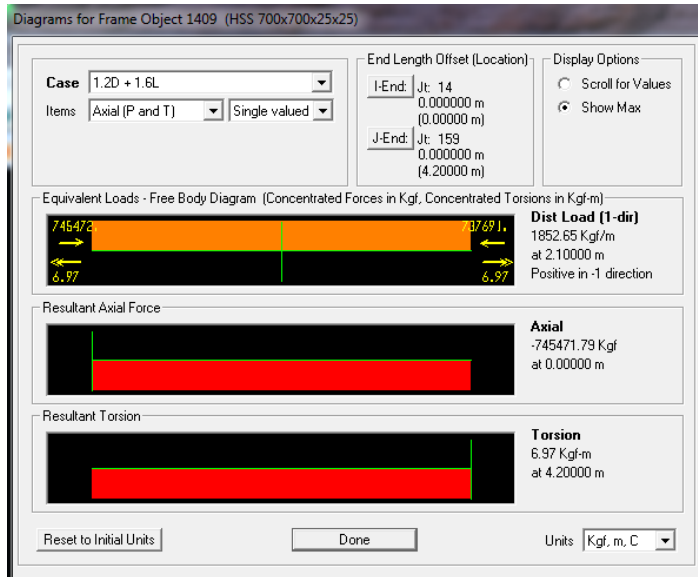
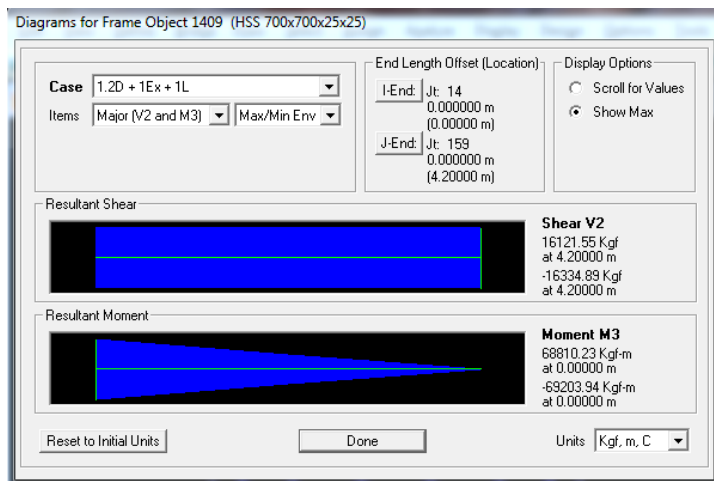
Pada perencanaan lantai 1-6 Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED digunakan Kolom CFT profil HSS 700 x 700 x 25, dengan data perencanaan sebagai berikut :

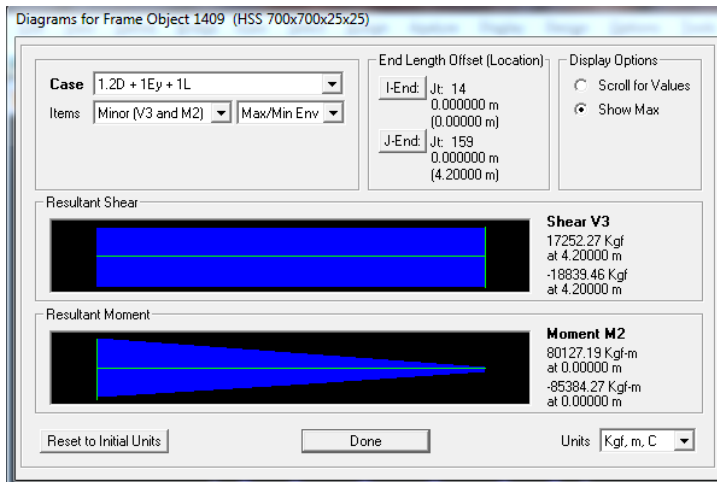
$d = 700$	mm	$i_x = 27,2$	cm
$b_f = 700$	mm	$i_y = 27,2$	cm
$t_f = 25$	mm	$Z_x = 13650$	cm
$t_w = 25$	mm	$Z_y = 13650$	cm
$A = 646$	cm <sup>2</sup>	$S_x = 2310$	cm
$W = 517,24$	kg/m	$S_y = 199$	cm
$I_x = 477900$	cm <sup>4</sup>	$r = 75$	mm
$I_y = 477900$	cm <sup>4</sup>	$h = d - 2 (t_f + r)$	
$f_y = 250$	MPa	$= 500$	mm

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000 v14* didapatkan gaya dalam terbesar terdapat pada *frame 1409* akibat kombinasi pembebanan 1,2D+1,6L.



Gambar 6. 3 Lokasi Kolom *Frame 1409*

Gambar 6. 4 Diagram Gaya Aksial Pada Kolom *Frame* 1409Gambar 6. 5 Diagram Momen Arah X Pada Kolom *Frame* 1409



Gambar 6. 6 Diagram Momen Arah Y Pada Kolom *Frame* 1409

Diketahui :

BJ 41

Tinggi Kolom = 4,2 m

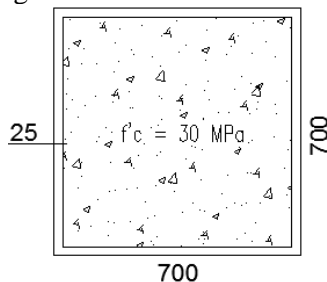
$f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$

$V_u = 18839,46 \text{ kg}$

$M_{ux} = 69203,94 \text{ kg.m}$

$M_{uy} = 85384,27 \text{ kg.m}$



Gambar 6. 7 Penampang Kolom Komposit CFT Dengan Profil HSS 700 x 700 x 25 x 25

A. Kontrol Luas Penampang Minimum Profil Baja (*Pasal 12.3.1 Ayat 1 SNI 1729:2002*)

$$\begin{aligned} A_c &= (d - 2 \times t_f) \times (b_f - 2 \times t_w) \\ &= (700 - 2 \times 25) \times (700 - 2 \times 25) \\ &= 422500 \text{ mm}^2 = 4225 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% &\geq 4\% \\ \frac{646}{4225 + 646} \times 100\% &\geq 4\% \\ 13,26\% &\geq 4\% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

B. Kontrol Tebal Minimum Penampang Persegi (*Pasal 12.3.1 Ayat 5 SNI 1729:2002*)

$$\begin{aligned} b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}} &\leq 25 \text{ mm} \\ 700 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{250}{3 \times (2 \times 10^5)}} &\leq 25 \text{ mm} \\ 14,29 \text{ mm} &\leq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

C. Kontrol Kekuatan Nominal Penampang Komposit Akibat Tekuk Lokal (*Pasal 11.4 dan Tabel 11.1B SNI 1729:2015*)

- Sayap

$$\begin{aligned} \lambda &< \lambda_p \\ \frac{b_f - 2(t_w + r)}{t_f} &< 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{700 - 2 \times (25 + 75)}{25} &< 2,26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ 20 &< 63,92 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak} \end{aligned}$$

- Web

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{h}{t_w} < 3 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{500}{25} < 3 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$20 < 84,85$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Dikarenakan penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

- Momen nominal lentur

$$M_n = Z_x \times f_y$$

$$= 13650 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 34785932,72 \text{ kg.cm} = 347859,33 \text{ kg.m}$$

- Syarat kuat lentur

$$M_u < \phi M_n$$

$$85384,27 \text{ kg.m} < 0,9 \times 347859,33 \text{ kg.m}$$

$$85384,27 \text{ kg.m} < 313073,39 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK}$$

D. Kontrol kekuatan nominal penampang komposit akibat tekuk lateral (*Pasal F2.2 SNI 1729:2015*)

$$L_b = \text{tinggi kolom} - d_{\text{balok}}$$

$$= 420 \text{ cm} - 58,2 \text{ cm}$$

$$= 361,8 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 27,2 \times \sqrt{\frac{250}{2 \times 10^5}}$$

$$= 1354,02 \text{ cm}$$

Dikarenakan  $L_b < L_p$  maka balok termasuk dalam bentang pendek, sehingga  $M_n = M_p$

- Momen nominal lentur

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 13650 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 34785932,72 \text{ kg.cm} = 347859,33 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Syarat kuat lentur

$$\begin{aligned} \mu &\leq \phi M_n \\ 85384,27 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \times 347859,33 \text{ kg.m} \\ 85384,27 \text{ kg.m} &< 313073,39 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

E. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

1. Kuat nominal tekan penampang komposit (*Pasal I2.2b dan Tabel II.1A SNI 1729:2015*)

$$\begin{aligned} \lambda &< \lambda_p \\ \frac{b_f - 2(t_w + r)}{t_f} &< 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{700 - 2 \times (25 + 75)}{25} &< 2,26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ 20 &< 63,92 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak} \end{aligned}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan.

$$P_{no} = P_p$$

$$C_2 = 0,85 \text{ (untuk penampang persegi)}$$

$$A_{sr} = 0 \text{ cm}^2 \text{ (karena tidak menggunakan tulangan)}$$

$$\begin{aligned} P_p &= f_y A_s + C_2 f_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \\ &= 2548,42 \times 646 + 0,85 \times 305,81 \times (4225 + 0) \\ &= 2744520,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{no} = P_p$$

$$= 2744520,9 \text{ kg}$$

2. Momen lentur dan aksial terfaktor (*Pasal 8.2 SNI 1729:2015*)

- Arah sumbu X

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000v14* diperoleh nilai  $M_1$  dan  $M_2$  sebagai berikut :

$$M_1 = 249,99 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 330,34 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 - 0,4 \frac{249,99}{330,34} \\ &= 0,30 \end{aligned}$$

$$K_1 = 1$$

$$E = 2038735,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_x = 477900 \text{ cm}^4$$

$$L = 420 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} P_{el} &= \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 2038735,98 \times 477900}{(1 \times 420)^2} \\ &= 54512887,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000v14* diperoleh nilai  $P_{ntx}$  dan  $P_{ltx}$  sebagai berikut :

$$P_{ntx} = 745471,8 \text{ kg}$$

$$P_{ltx} = 69203,94 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_r &= P_{ntx} + P_{ltx} \\ &= 745471,8 \text{ kg} + 69203,94 \text{ kg} \\ &= 814675,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\alpha = 1$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \frac{C_m}{1 - \left( \alpha \frac{P_r}{P_{e1}} \right)} \geq 1 \\
 &= \frac{0,30}{1 - \left( 1 \times \frac{814675,74}{54512887,07} \right)} \geq 1 \\
 &= 0,30 < 1
 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai  $B_1 = 1$

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000v14* diperoleh nilai  $P_{\text{story}}$  sebagai berikut :

$$P_{\text{story}} = 745471,8 \text{ kg}$$

$$P_{\text{mf}} = 0 \rightarrow \text{untuk bresing}$$

$$\begin{aligned}
 R_M &= 1 - 0,15 \left( \frac{P_{\text{mf}}}{P_{\text{story}}} \right) \\
 &= 1 - 0,15 \left( \frac{0}{745471,8 \text{ kg}} \right) = 1
 \end{aligned}$$

$$L = 420 \text{ cm}$$

$$H = 18839,46 \text{ kg (geser tingkat dari gaya lateral)}$$

$$\Delta_H = 0,003095 \text{ m (simpangan lantai 1 arah X)}$$

$$= 0,3095 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 P_{e\text{story}} &= 1 \left( \frac{H \times L}{\Delta_H} \right) \\
 &= R_M \left( \frac{18839,46 \times 420}{0,3095} \right) \\
 &= 25565664,62 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{\text{story}}}{P_{e\text{story}}}} \geq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - \alpha \frac{745471,80}{25565664,62}} \geq 1 \\
 &= 1,03 \geq 1
 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai  $B_2 = 1,03$



Berdasarkan output program bantu *SAP 2000v14* diperoleh nilai  $M_{ntx}$  dan  $M_{ltx}$  sebagai berikut :

$$M_{ntx} = 330,34 \text{ kg.m}$$

$$M_{ltx} = 69203,94 \text{ kg.m}$$

Kekuatan lentur orde kedua arah X

$$\begin{aligned} M_{rx} &= B_1 \times M_{ntx} + B_2 \times M_{ltx} \\ &= 1 \times 330,34 \text{ kg.m} + 1,03 \times 69203,94 \text{ kg.m} \\ &= 71612,81 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Arah sumbu Y

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000v14* diperoleh nilai  $M_1$  dan  $M_2$  sebagai berikut :

$$M_1 = 1199,7 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 3370,08 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 - 0,4 \frac{1199,7}{3370,08} = 0,46 \end{aligned}$$

$$K_1 = 1$$

$$E = 2038735,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_y = 477900 \text{ cm}^4$$

$$L = 420 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} P_{e1} &= \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 2038735,98 \times 477900}{(1 \times 420)^2} \\ &= 54512887,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000v14* diperoleh nilai  $P_{nty}$  dan  $P_{lty}$  sebagai berikut :

$$P_{nty} = 745471,8 \text{ kg}$$

$$P_{lty} = 85384,27 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_r &= P_{nty} + P_{lty} \\ &= 745471,8 \text{ kg} + 85384,27 \text{ kg} = 830856,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \frac{C_m}{1 - (\alpha \frac{P_r}{P_{e1}})} && \geq 1 \\
 &= \frac{0,46}{1 - (1 \times \frac{830856,07}{54512887,07})} && \geq 1 \\
 &= 0,46 && < 1
 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai  $B_1 = 1$

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000v14* diperoleh nilai  $P_{story}$  sebagai berikut :

$$P_{story} = 745471,8 \text{ kg}$$

$$P_{mf} = 0 \text{ (untuk bresing)}$$

$$\begin{aligned}
 R_M &= 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) \\
 &= 1 - 0,15 \left( \frac{0}{745471,8} \right) = 1
 \end{aligned}$$

$$L = 420 \text{ cm}$$

$$H = 18839,46 \text{ kg (geser tingkat dari gaya lateral)}$$

$$\Delta_H = 0,004004 \text{ m (simpangan lantai 1 arah X)}$$

$$= 0,4004 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 P_{e_{story}} &= 1 \left( \frac{H \times L}{\Delta_H} \right) \\
 &= R_M \left( \frac{18839,46 \times 420}{0,4004} \right) \\
 &= 19761671,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{story}}{P_{e_{story}}}} && \geq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - \alpha \frac{745471,8}{19761671,33}} && \geq 1 \\
 &= 1,04 && \geq 1
 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai  $B_2 = 1,04$

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000v14* diperoleh nilai  $M_{nty}$  dan  $M_{lty}$  sebagai berikut :

$$M_{nty} = 330,34 \text{ kg.m}$$

$$M_{lty} = 85384,27 \text{ kg.m}$$

Kekuatan lentur orde kedua arah Y

$$\begin{aligned} M_{ry} &= B_1 \times M_{nty} + B_2 \times M_{lty} \\ &= 1 \times 330,34 \text{ kg.m} + 1,04 \times 85384,27 \text{ kg.m} \\ &= 89061,84 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kuat aksial orde kedua ( $P_r$ )

Dari perhitungan di atas diperoleh :

$$P_{ntx} = 745471,8 \text{ kg}$$

$$P_{ltx} = 69203,94 \text{ kg}$$

$$B_{2x} = 1,03$$

$$\begin{aligned} P_{rx} &= P_{ntx} + B_{2x} \times P_{ltx} \\ &= 745471,8 \text{ kg} + 1,03 \times 69203,94 \text{ kg} \\ &= 816754,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{nty} = 745471,8 \text{ kg}$$

$$P_{lty} = 85384,27 \text{ kg}$$

$$B_{2y} = 1,04$$

$$\begin{aligned} P_{ry} &= P_{nty} + B_{2y} \times P_{lty} \\ &= 745471,8 \text{ kg} + 1,04 \times 85384,27 \text{ kg} \\ &= 834203,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka  $P_r$  yang digunakan adalah 834203,3 kg

Kontrol interaksi aksial dan momen

$$M_n = 347859,33 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 313073,39 \text{ kg.m}$$

$$P_n = 2744520,9 \text{ kg.}$$

$$\phi P_n = 2470068,81 \text{ kg}$$

$$M_{rx} = 71612,81 \text{ kg.m}$$

$$M_{ry} = 89061,84 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{P_r}{P_c} &= \frac{P_r}{\phi_c P_n} \\
 &= \frac{834203,3 \text{ kg}}{2470068,81 \text{ kg}} \\
 &= 0,34 > 0,2
 \end{aligned}$$

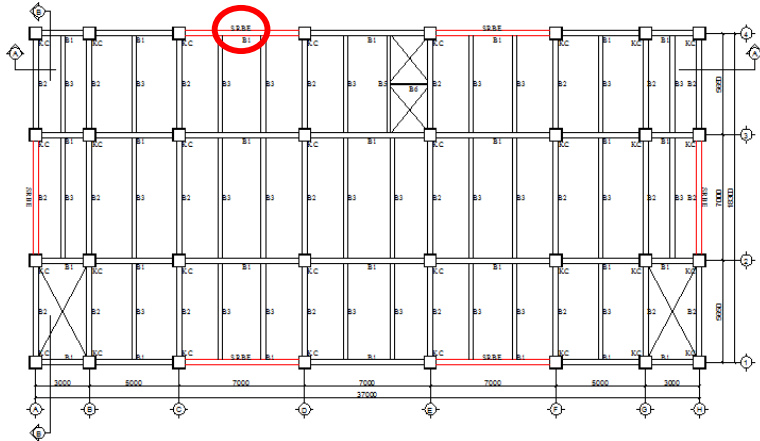
Maka digunakan rumus interaksi yang terdapat pada *Pasal 12.5 Persamaan 12.5-1 SNI 1729:2002* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{\phi M_n} + \frac{M_{ry}}{\phi M_n} \right) &\leq 1 \\
 0,34 + \frac{8}{9} \left( \frac{71612,81}{313073,39} + \frac{89061,84}{313073,39} \right) &\leq 1 \\
 0,79 &< 1 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

## 6.3 Perencanaan Struktur *Link*

### 6.3.1 *Link* Arah X

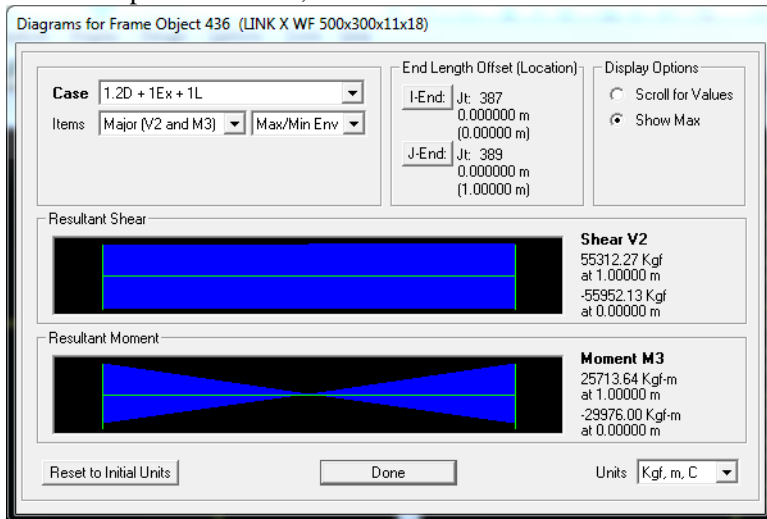
Pada perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED digunakan *Link* arah X dengan profil WF 500 x 300 x 11 x 18, dengan data perencanaan sebagai berikut :



Gambar 6. 8 Lokasi *Link* Arah X *Frame* 436

$d$	$=$	488	mm	$i_x$	$=$	20,8	cm
$b_f$	$=$	300	mm	$i_y$	$=$	7,04	cm
$t_f$	$=$	18	mm	$Z_x$	$=$	3100	cm
$t_w$	$=$	11	mm	$Z_y$	$=$	824	cm
$A$	$=$	163,5	cm <sup>2</sup>	$S_x$	$=$	2910	cm
$W$	$=$	128	kg/m	$S_y$	$=$	541	cm
$I_x$	$=$	71000	cm <sup>4</sup>	$r$	$=$	26	mm
$I_y$	$=$	8110	cm <sup>4</sup>	$h$	$=$	414	mm

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000 v14* didapatkan gaya dalam terbesar terdapat pada *frame* 436 akibat kombinasi pembebanan 1,2D+1EX+1L.



Gambar 6. 9 Diagram Momen Gaya Geser Pada *Link Frame* 436

BJ 41

Direncanakan panjang *link* ( $e$ ) = 1 m

$f_y$  = 250 MPa = 2548,42 kg/cm<sup>2</sup>

$f_u$  = 410 MPa = 4179,41 kg/cm<sup>2</sup>

$M_u$  = 29976 kg.m

$V_u$  = 55952,13 kg

$N_u$  = 2727,86 kg

- a. Perencanaan panjang *link* (Pasal 15.13.2 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 3100 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7900101,94 \text{ kg.cm} \\ &= 79001,02 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \times f_y \times (d - 2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (48,8 \text{ cm} - 2 \times 1,8 \text{ cm}) \times 1,1 \text{ cm} \\ &= 76024,46 \text{ kg} \end{aligned}$$

Direncanakan *link* dengan panjang 1 m, sehingga :

$$\begin{aligned} 1,6 \frac{M_p}{V_p} &\leq e \leq 2,6 \frac{M_p}{V_p} \\ 1,6 \frac{79001,02}{76024,46} &\leq e \leq 2,6 \frac{74159,02}{76024,46} \\ 1,66 \text{ m} &> 1 \text{ m} < 2,54 \text{ m} \end{aligned}$$

Dikarenakan  $1,6 \frac{M_p}{V_p} > e < 2,6 \frac{M_p}{V_p}$ , maka, *link* termasuk dalam kombinasi *link* geser.

- b. Kontrol beban aksial terfaktor (Pasal 15.13.2.5 dan Tabel 15.7-1 SNI 1729:2002)

- Sayap

$$\begin{aligned} \lambda &< \lambda_p \\ \frac{b_f}{2 \times t_f} &< \frac{135}{\sqrt{f_y}} \\ \frac{300}{2 \times 18} &< \frac{135}{\sqrt{250}} \\ 8,33 &< 8,54 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak} \end{aligned}$$

- Badan

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 163,5 \text{ cm}^2 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 416666,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi N_y &= 0,9 \times N_y \\ &= 0,9 \times 416666,67 \text{ kg} \\ &= 375000 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{N_u}{\phi N_y} &< 0,125 \\ \frac{2727,86}{375000} &< 0,125 \\ 0,00727 &< 0,125\end{aligned}$$

Dikarenakan  $\frac{N_u}{\phi N_y} < 0,125$ , maka :

$$\begin{aligned}\lambda &< \lambda_p \\ \frac{h}{t_w} &< \frac{1365}{\sqrt{f_y}} (1 - 1,54 \frac{N_u}{\phi N_y}) \\ \frac{414}{11} &< \frac{1365}{\sqrt{250}} (1 - 1,54 \times 0,00727) \\ 37,64 &< 85,36 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}\end{aligned}$$

Syarat kekuatan aksial terfaktor :

$$\begin{aligned}N_u &\leq 0,15 N_y \\ 2727,86 \text{ kg} &\leq 0,15 \times 416666,67 \text{ kg} \\ 2727,86 \text{ kg} &< 62500 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

Berdasarkan *Pasal 15.13.3.5 SNI 1729:2002*, jika  $N_u < 0,15 N_y$  maka pengaruh gaya aksial pada geser rencana *link* tidak diperhitungkan.

c. Kontrol tegangan geser (*Pasal 15.13.2.4 SNI 1729:2002*)

$$\begin{aligned}V_p &= 76024,46 \text{ kg} \\ \frac{2 M_p}{e} &= \frac{2 \times 79001,02}{1} \\ &= 158002,04 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya geser yang digunakan adalah,  $V_n = 76024,46 \text{ kg}$

$$\phi V_n = 0,9 \times 76024,46 \text{ kg} = 68422,02 \text{ kg}$$

Syarat kekuatan geser terfaktor :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$55952,13 \text{ kg} < 68422,02 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

d. Kontrol sudut rotasi *link* (Pasal 15.13.2.4 SNI 1729:2002)

Dikarenakan panjang *link*  $e < 1,6 \frac{M_p}{V_p}$  maka sudut rotasi *link*

maksimum sebesar 0,08 radian .

$$L_{\text{balok}} = 700 \text{ cm}$$

$$\Delta_e = 0,58 \text{ cm}$$

$$C_d = 4 \text{ untuk EBF}$$

$$e = 100 \text{ cm}$$

$$h = 420 \text{ cm}$$

$$\Delta = C_d \times \Delta_e$$

$$= 4 \times 0,58 \text{ cm}$$

$$= 2,32 \text{ cm}$$

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \times \theta_p$$

$$= \frac{L}{e} \times \frac{\Delta}{H}$$

$$= \frac{700}{100} \times \frac{2,32}{420}$$

$$= 0,04 \text{ radian}$$

Syarat sudut rotasi *link* adalah sebagai berikut :

$$\gamma_p < \gamma_{p\text{max}}$$

$$0,03 \text{ radian} < 0,08 \text{ radian} \rightarrow \text{OK}$$

e. Pengaku *link* (Pasal 15.13.3 SNI 1729:2002)

Pertemuan titik dengan batang bresing pada *link* harus dipasang pengaku setinggi badan *link* dan berada di kedua sisi pelat badan *link*. Lebar total pengaku tidak kurang dari  $bf-2tw$



dan pada ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar dari  $0,75 t_w$  atau 10 mm.

$$\begin{aligned}\text{Lebar} &= b_f - 2 t_w \\ &= 300 - 2 \times 11 \\ &= 278 \text{ mm} \approx 280 \text{ mm} \\ \text{Tebal} &= 0,75 t_w \geq 10 \text{ mm} \\ &= 0,75 \times 11 \geq 10 \text{ mm} \\ &= 8,25 \text{ mm} < 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipakai tebal 10 mm

Untuk  $\gamma_{p\max} = 0,08$  radian, maka :

$$\begin{aligned}S_1 &\leq 30 t_w - \frac{d}{5} \\ &\leq 30 \times 11 - \frac{488}{5} \\ &\leq 232,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

Untuk  $\gamma_{p\max 2} = 0,02$  radian, maka :

$$\begin{aligned}S_2 &\leq 52 t_w - \frac{d}{5} \\ &\leq 52 \times 11 - \frac{488}{5} \\ &\leq 474,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

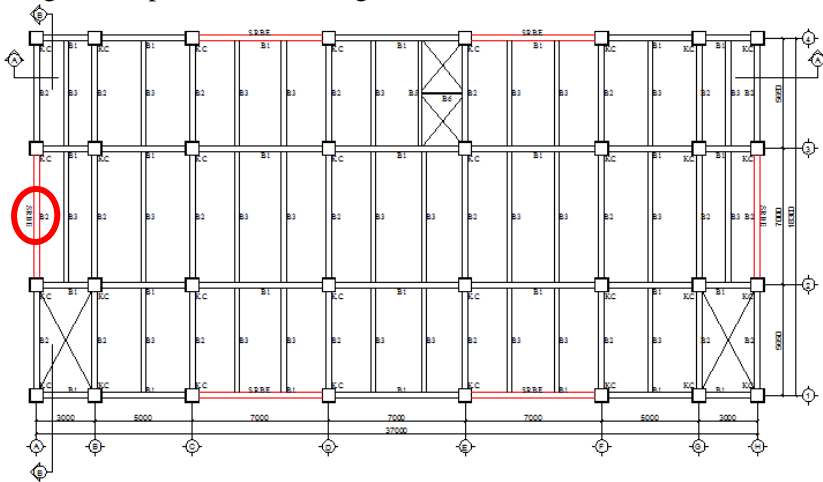
Untuk  $\gamma_p = 0,04$  radian, maka dilakukan interpolasi dari kedua nilai di atas.

$$\begin{aligned}S &\leq S_1 + \left( \frac{\gamma_p - \gamma_{p\max 1}}{\gamma_{p\max 2} - \gamma_{p\max 1}} \right) \times (S_2 - S_1) \\ &\leq 232,4 + \left( \frac{0,04 - 0,08}{0,02 - 0,08} \right) \times (474,4 - 232,4) \\ &\leq 399,11 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sehingga pengaku *link* dipasang dengan jarak 200 mm.

### 6.3.2 Link Arah Y

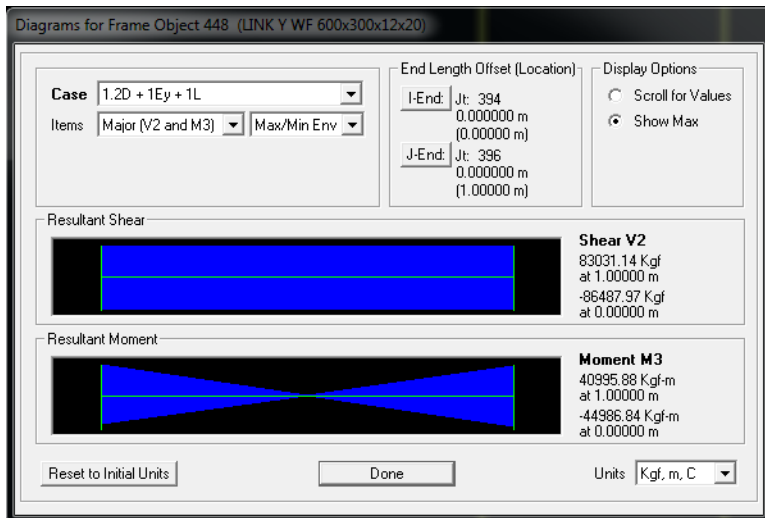
Pada perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED digunakan *Link* arah Y dengan profil WF 600 x 300 x 12 x 20, dengan data perencanaan sebagai berikut :



Gambar 6. 10 Lokasi *Link* Arah Y *Frame* 448

$d$	$=$	588	mm	$i_x$	$=$	24,8	cm
$b_f$	$=$	300	mm	$i_y$	$=$	6,85	cm
$t_f$	$=$	20	mm	$Z_x$	$=$	4039	cm <sup>3</sup>
$t_w$	$=$	12	mm	$Z_y$	$=$	920	cm <sup>3</sup>
$A$	$=$	192,5	cm <sup>2</sup>	$S_x$	$=$	4020	cm <sup>3</sup>
$W$	$=$	151	kg/m	$S_y$	$=$	601	cm <sup>3</sup>
$I_x$	$=$	118000	cm <sup>4</sup>	$r$	$=$	28	mm
$I_y$	$=$	9020	cm <sup>4</sup>	$h$	$=$	508	mm

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000 v14* didapatkan gaya dalam terbesar terdapat pada *frame* 448 akibat kombinasi pembebanan 1,2D+1EY+1L.



Gambar 6. 11 Diagram Momen Gaya Geser Pada *Link Frame* 448

BJ 41

Direncanakan panjang *link* ( $e$ ) = 1 m

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = 44986,84 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 86487,97 \text{ kg}$$

$$N_u = 1557,58 \text{ kg}$$

a. Perencanaan panjang *link* (Pasal 15.13.2 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 4039 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 10293068,3 \text{ kg.cm} \\ &= 102930,68 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times (58,8 \text{ cm} - 2 \times 2 \text{ cm}) \times 1,2 \text{ cm} \\ &= 100550,46 \text{ kg} \end{aligned}$$

Direncanakan *link* dengan panjang 1 m, sehingga :

$$1,6 \frac{M_p}{V_p} \leq e \leq 2,6 \frac{M_p}{V_p}$$

$$1,6 \frac{102930,68}{100550,46} \leq e \leq 2,6 \frac{102930,68}{100550,46}$$

$$1,64 \text{ m} > 1 \text{ m} < 2,66 \text{ m}$$

Dikarenakan  $1,6 \frac{M_p}{V_p} > e < 2,6 \frac{M_p}{V_p}$ , maka, *link* termasuk dalam kombinasi *link* geser.

- b. Kontrol beban aksial terfaktor (*Pasal 15.13.2.5 dan Tabel 15.7-1 SNI 1729:2002*)

- Sayap

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \frac{135}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 20} < \frac{135}{\sqrt{250}}$$

$$7,5 < 8,54$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Badan

$$N_y = A_g \times f_y$$

$$= 192,5 \text{ cm}^2 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 490570,85 \text{ kg}$$

$$\phi N_y = 0,9 \times N_y$$

$$= 0,9 \times 490570,85 \text{ kg}$$

$$= 441513,76 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_y} < 0,125$$

$$\frac{1557,58}{441513,76} < 0,125$$

$$0,004 < 0,125$$

Dikarenakan  $\frac{N_u}{\phi N_y} < 0,125$ , maka :

$$\begin{aligned}\lambda &< \lambda_p \\ \frac{h}{t_w} &< \frac{1365}{\sqrt{f_y}} (1 - 1,54 \frac{N_u}{\phi N_y}) \\ \frac{508}{12} &< \frac{1365}{\sqrt{250}} (1 - 1,54 \times 0,00353) \\ 42,33 &< 85,86 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \textbf{Penampang Kompak}\end{aligned}$$

Syarat kekuatan aksial terfaktor :

$$\begin{aligned}N_u &\leq 0,15 N_y \\ 1557,58 \text{ kg} &\leq 0,15 \times 490570,85 \text{ kg} \\ 1557,58 \text{ kg} &\leq 73585,63 \text{ kg} \rightarrow \textbf{OK}\end{aligned}$$

Berdasarkan *Pasal 15.13.3.5 SNI 1729:2002*, jika  $N_u < 0,15 N_y$  maka pengaruh gaya aksial pada geser rencana *link* tidak diperhitungkan.

- c. Kontrol tegangan geser (*Pasal 15.13.2.4 SNI 1729:2002*)

$$\begin{aligned}V_p &= 100550,46 \text{ kg} \\ \frac{2 M_p}{e} &= \frac{2 \times 102930,68}{1} = 205861,37 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya geser yang digunakan adalah,  $V_n = 100550,46 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,9 \times 100550,46 \text{ kg} \\ &= 90495,41 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat kekuatan geser terfaktor :

$$\begin{aligned}V_u &\leq \phi V_n \\ 86487,97 \text{ kg} &< 90495,41 \text{ kg} \rightarrow \textbf{OK}\end{aligned}$$

- d. Kontrol sudut rotasi *link* (*Pasal 15.13.2.4 SNI 1729:2002*)

Dikarenakan panjang *link*  $e < 1,6 \frac{M_p}{V_p}$  maka sudut rotasi *link* maksimum sebesar 0,08 radian .

$$\begin{aligned}
L_{\text{balok}} &= 700 \text{ cm} \\
\Delta_e &= 0,44 \text{ cm} \\
C_d &= 4 \text{ untuk EBF} \\
e &= 100 \text{ cm} \\
h &= 420 \text{ cm} \\
\Delta &= C_d \times \Delta_e \\
&= 4 \times 0,44 \text{ cm} \\
&= 1,76 \text{ cm} \\
\gamma_p &= \frac{L}{e} \times \theta_p \\
&= \frac{L}{e} \times \frac{\Delta}{H} \\
&= \frac{700}{100} \times \frac{1,76}{420} \\
&= 0,03 \text{ radian}
\end{aligned}$$

Syarat sudut rotasi *link* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\gamma_p &< \gamma_{p\max} \\
0,03 \text{ radian} &< 0,08 \text{ radian} \rightarrow \mathbf{OK}
\end{aligned}$$

e. Pengaku *link* (Pasal 15.13.3 SNI 1729:2002)

Pertemuan titik dengan batang bresing pada *link* harus dipasang pengaku setinggi badan *link* dan berada di kedua sisi pelat badan *link*. Lebar total pengaku tidak kurang dari  $b_f - 2t_w$  dan pada ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar dari  $0,75 t_w$  atau 10 mm.

$$\begin{aligned}
\text{Lebar} &= b_f - 2 t_w \\
&= 300 - 2 \times 12 \\
&= 276 \text{ mm} \approx 280 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tebal} &= 0,75 t_w \geq 10 \text{ mm} \\
&= 0,75 \times 12 \geq 10 \text{ mm} \\
&= 9 \text{ mm} < 10 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka dipakai tebal 10 mm

Untuk  $\gamma_{p\max} = 0,08$  radian, maka :

$$\begin{aligned} S_1 &\leq 30 t_w - \frac{d}{5} \\ &\leq 30 \times 12 - \frac{588}{5} \\ &\leq 242,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk  $\gamma_{p\max 2} = 0,02$  radian, maka :

$$\begin{aligned} S_2 &\leq 52 t_w - \frac{d}{5} \\ &\leq 52 \times 12 - \frac{588}{5} \\ &\leq 506,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk  $\gamma_p = 0,03$  radian, maka dilakukan interpolasi dari kedua nilai di atas.

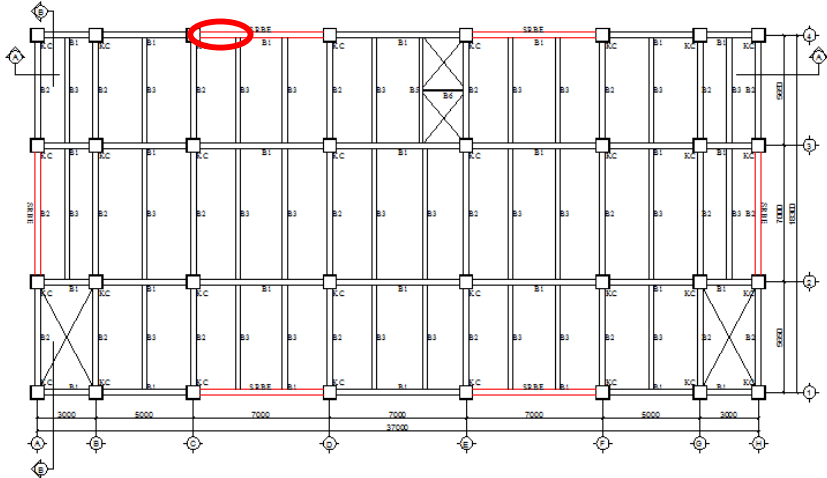
$$\begin{aligned} S &\leq S_1 + \left( \frac{\gamma_p - \gamma_{p\max 1}}{\gamma_{p\max 2} - \gamma_{p\max 1}} \right) \times (S_2 - S_1) \\ &\leq 242,4 + \left( \frac{0,03 - 0,08}{0,02 - 0,08} \right) \times (506,4 - 242,4) \\ &\leq 465,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga pengaku *link* dipasang dengan jarak 200 mm.

## 6.4 Perencanaan Struktur Balok Luar *Link*

### 6.4.1 Balok Luar *Link* Arah X

Pada perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED digunakan Balok Luar *Link* Arah X dengan profil WF 500 x 300 x 11 x 18, dengan data perencanaan sebagai berikut :

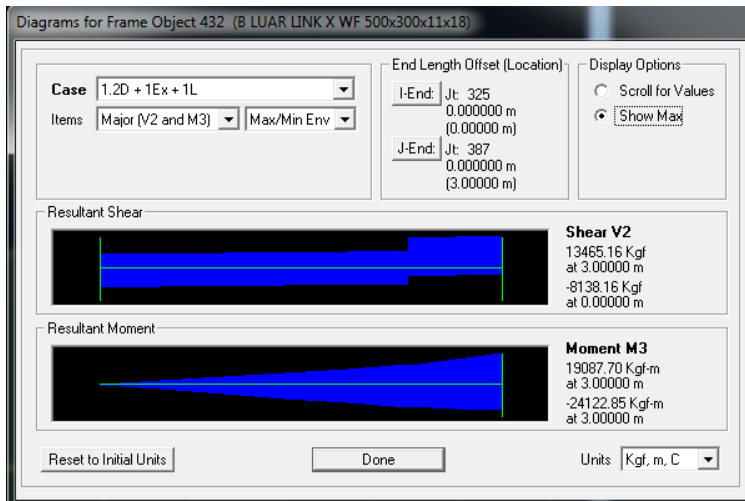


Gambar 6. 12 Lokasi Balok Luar *Link* Arah X *Frame* 432

$d$	$=$	488	mm	$i_x$	$=$	20,8	cm
$b_f$	$=$	300	mm	$i_y$	$=$	7,04	cm
$t_f$	$=$	18	mm	$Z_x$	$=$	3100	cm
$t_w$	$=$	11	mm	$Z_y$	$=$	824	cm
$A$	$=$	163,5	cm <sup>2</sup>	$S_x$	$=$	2910	cm
$W$	$=$	128	kg/m	$S_y$	$=$	541	cm
$I_x$	$=$	71000	cm <sup>4</sup>	$r$	$=$	26	mm
$I_y$	$=$	8110	cm <sup>4</sup>	$h$	$=$	414	mm

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000 v14* didapatkan gaya dalam terbesar terdapat pada *frame* 432 akibat kombinasi pembebanan 1,2D+1EX+1L.





Gambar 6. 13 Diagram Momen dan Gaya Geser Pada *Link Frame* 432

BJ 41

Lbalok keseluruhan = 7 m

Panjang *link* (e) = 1 m

$f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$

$R_y = 1,5$

$M_u = 24122,85 \text{ kg.m}$

$N_u = 49795,64 \text{ kg}$

a. Kuat perlu balok di luar *link* (*Pasal 15.13.6.2 SNI 1729:2002*)

Didapatkan dari perhitungan *link* adalah sebagai berikut :

$M_p = 79001,02 \text{ kg.m}$

$V_p = 76024,46 \text{ kg.m}$

Dimana  $V_n$  diambil nilai terkecil antara  $V_p$  dan  $\frac{2M_p}{e}$

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2 \times 79001,02}{1} = 158002,04 \text{ kg}$$

Gaya geser nominal yang digunakan,  $V_n = 76024,46 \text{ kg.m}$

Maka,

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 \times R_y \times V_n \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 76024,46 \text{ kg.m} \\ &= 125440,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Kuat rencana geser (*Tabel 15-7-1 SNI 1729:2002*)

Kuat rencana geser balok di luar *link* ini dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung dengan mengalikan faktor  $R_y$ .

- Sayap

$$\begin{aligned} \lambda &< \lambda_p \\ \frac{b_f}{2 \times t_f} &< \frac{135}{\sqrt{f_y}} \\ \frac{300}{2 \times 18} &< \frac{135}{\sqrt{250}} \\ 8,33 &< 8,54 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak} \end{aligned}$$

- Badan

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 163,5 \text{ cm}^2 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 416666,67 \text{ kg} \\ \phi N_y &= 0,9 \times N_y \\ &= 0,9 \times 416666,67 \text{ kg} \\ &= 375000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_u}{\phi N_y} &< 0,125 \\ \frac{49795,6}{375000} &< 0,125 \\ 0,13 &> 0,125 \end{aligned}$$

Dikarenakan  $\frac{N_u}{\phi N_y} > 0,125$ , maka :

$$\begin{aligned}
 \lambda &< \lambda_p \\
 \frac{h}{t_w} &< \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left( 2,33 - \frac{N_u}{\phi N_y} \right) \\
 \frac{400}{11} &< \frac{500}{\sqrt{250}} (2,33 \times 0,13) \\
 36,36 &< 69,48 \\
 \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

- Momen nominal lentur

$$\begin{aligned}
 M_n &= Z_x \times f_y \\
 &= 3100 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7900101,94 \text{ kg.cm} = 79001,02 \text{ kg.m} \\
 \phi M_n &= 0,9 \times 79001,02 \text{ kg.m} \\
 &= 71100,92 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas geser penampang (*Pasal 8.8.2 SNI 1729:2002*)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{L-e}{2} \\
 &= \frac{700-100}{2} \\
 &= 300 \text{ cm} \\
 k_n &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \\
 &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{300}{400}\right)^2} \\
 &= 5,13 \\
 \frac{h}{t_w} &< 1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}
 \end{aligned}$$

$$\frac{400}{11} < 1,1 \sqrt{\frac{5,13 \times (2 \times 10^5)}{250}}$$

$$36,36 < 70,48 \rightarrow \text{Penampang Plastis}$$

- Kekuatan geser nominal

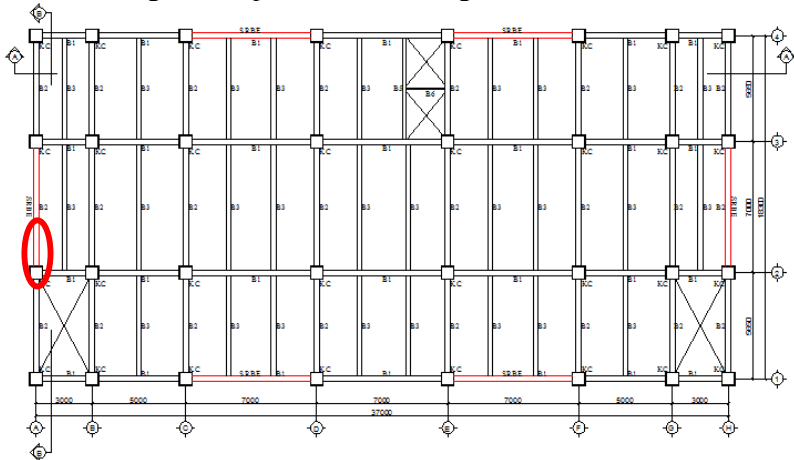
$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,9 \times R_y \times (0,6 \times f_y \times (d - 2 \times t_f) \times t_w) \\ &= 0,9 \times 1,5 \times (0,6 \times 2548,42 \times (48,8 - 2 \times 1,8) \times 1,1) \\ &= 102633,03 \text{ kg}\end{aligned}$$

- c. Kontrol interaksi geser dan lentur (*Pasal 8.9.3 SNI 1729:2002*)

$$\begin{aligned}\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} &\leq 1,375 \\ \frac{24122,85}{71100,92} + 0,625 \frac{125440,37}{102633,03 \text{ kg}} &\leq 1,375 \\ 1,1 &< 1,375 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

#### 6.4.2 Balok Luar *Link* Arah Y

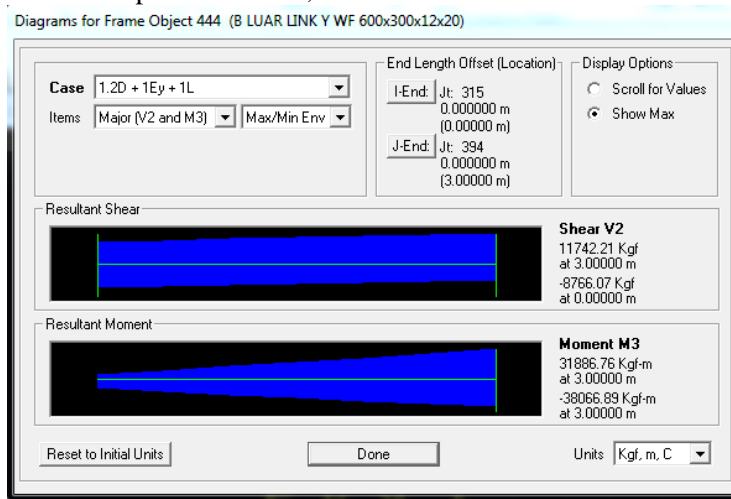
Pada perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED digunakan Balok Luar *Link* Arah Y dengan profil WF 600 x 300 x 12 x 20, dengan data perencanaan sebagai berikut :



Gambar 6. 14 Lokasi Balok Luar *Link* Arah Y *Frame* 444

$d$	=	588	mm	$i_x$	=	24,8	cm
$b_f$	=	300	mm	$i_y$	=	6,85	cm
$t_f$	=	20	mm	$Z_x$	=	4039	cm <sup>3</sup>
$t_w$	=	12	mm	$Z_y$	=	920	cm <sup>3</sup>
$A$	=	192,5	cm <sup>2</sup>	$S_x$	=	4020	cm <sup>3</sup>
$W$	=	151	kg/m	$S_y$	=	601	cm <sup>3</sup>
$I_x$	=	118000	cm <sup>4</sup>	$r$	=	28	mm
$I_y$	=	9020	cm <sup>4</sup>	$h$	=	508	mm

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000 v14* didapatkan gaya dalam terbesar terdapat pada *frame* 444 akibat kombinasi pembebanan 1,2D+1EY+1L.



Gambar 6. 15 Diagram Momen dan Gaya Geser Pada *Link Frame* 444

BJ 41

Lbalok keseluruhan = 7 m

Panjang *link* (e) = 1 m

$f_y$  = 250 MPa = 2548,42 kg/cm<sup>2</sup>

$f_u$  = 410 MPa = 4179,41 kg/cm<sup>2</sup>

$R_y$  = 1,5

$M_u$  = 38066,89 kg.m

$N_u$  = 71490,07 kg

- a. Kuat perlu balok di luar *link* (Pasal 15.13.6.2 SNI 1729:2002)

Didapatkan dari perhitungan *link* adalah sebagai berikut :

$$M_p = 102930,68 \text{ kg.m}$$

$$V_p = 100550,46 \text{ kg.m}$$

Dimana  $V_n$  diambil nilai terkecil antara  $V_p$  dan  $\frac{2M_p}{e}$

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2 \times 102930,68}{1} = 205861,37 \text{ kg}$$

Gaya geser nominal yang digunakan,  $V_n = 100550,46 \text{ kg.m}$

Maka,

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 \times R_y \times V_n \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 100550,46 \text{ kg.m} \\ &= 165908,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

- b. Kuat rencana geser (Tabel 15-7-1 SNI 1729:2002)

Kuat rencana geser balok di luar *link* ini dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung dengan mengalikan faktor  $R_y$ .

- Sayap

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \frac{135}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 20} < \frac{135}{\sqrt{250}}$$

$$7,5 < 8,54$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Badan

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 151 \text{ cm}^2 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 384811,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_y &= 0,9 \times N_y \\ &= 0,9 \times 384811,42 \text{ kg} = 346330,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_y} < 0,125$$

$$\frac{71490,07}{346330,28} < 0,125$$

$$0,21 > 0,125$$

Dikarenakan  $\frac{N_u}{\phi N_y} > 0,125$ , maka :

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{h}{t_w} < \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left( 2,33 - \frac{N_u}{\phi N_y} \right)$$

$$\frac{508}{12} < \frac{500}{\sqrt{250}} (2,33 \times 0,21)$$

$$42,33 < 67,15$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Dikarenakan penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

- Momen nominal lentur

$$M_n = Z_x \times f_y$$

$$= 4039 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 10293068,3 \text{ kg.cm} = 102930,68 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 102930,68 \text{ kg.m}$$

$$= 92637,61 \text{ kg.m}$$

- Kapasitas geser penampang (*Pasal 8.8.2 SNI 1729:2002*)

$$a = \frac{L - e}{2}$$

$$= \frac{700 - 100}{2}$$

$$= 300 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 k_n &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \\
 &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{300}{508}\right)^2} \\
 &= 5,19
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &< 1,1 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} \\
 \frac{508}{12} &< 1,1 \sqrt{\frac{5,19 \times (2 \times 10^5)}{250}} \\
 42,33 &< 70,89 \rightarrow \text{Penampang Plastis}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan geser nominal

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,9 \times R_y \times (0,6 \times f_y \times (d - 2 \times t_f) \times t_w) \\
 &= 0,9 \times 1,5 \times (0,6 \times 2548,42 \times (58,8 - 2 \times 2) \times 1,2) \\
 &= 135743,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- c. Kontrol interaksi geser dan lentur (*Pasal 8.9.3 SNI 1729:2002*)

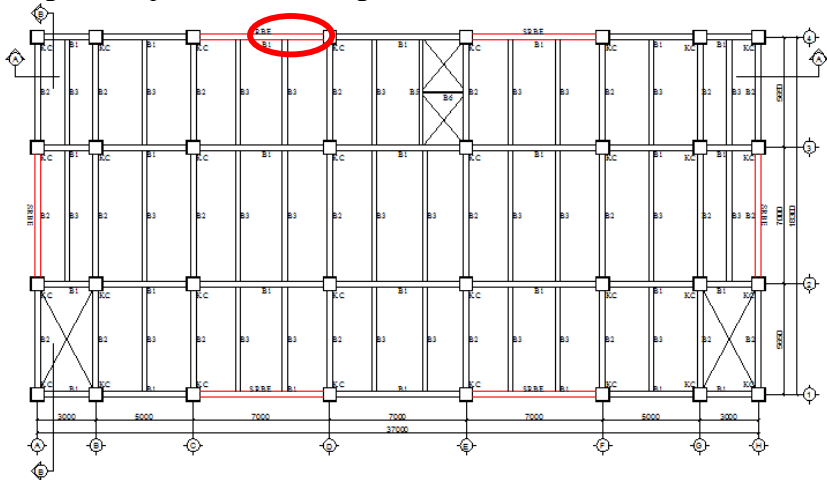
$$\begin{aligned}
 \frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} &\leq 1,375 \\
 \frac{38066,89}{92637,61} + 0,625 \frac{165908,26}{135743,12} &\leq 1,375 \\
 1,176 &< 1,375 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$



## 6.5 Perencanaan Struktur Bresing

### 6.5.1 Bresing Arah X

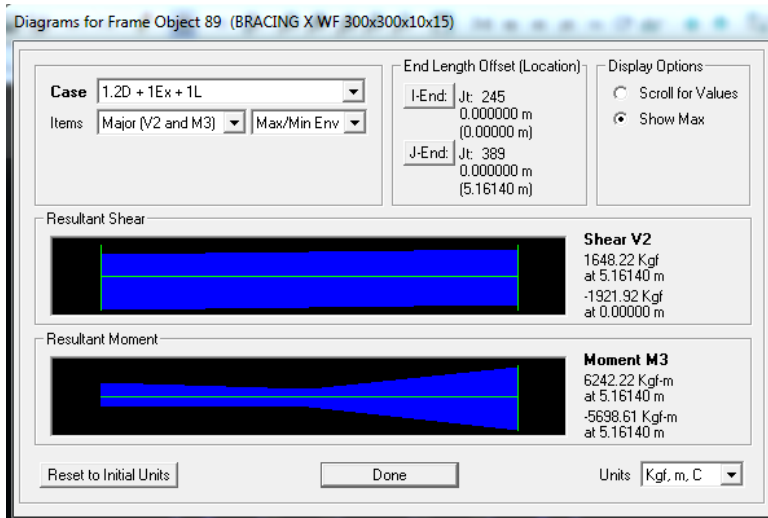
Pada perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED digunakan Bresing Arah X dengan profil WF 300 x 300 x 10 x 15, dengan data perencanaan sebagai berikut :



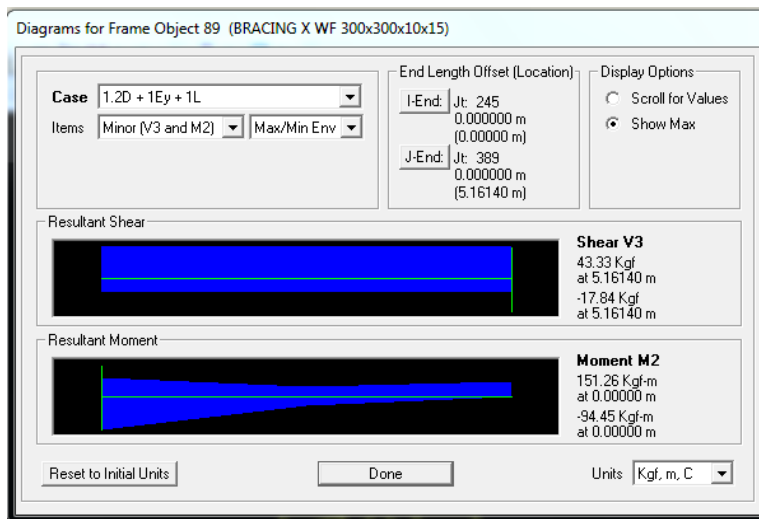
Gambar 6. 16 Lokasi Bresing Arah X *Frame 89*

$d = 300$	mm	$i_x = 13,1$	cm
$b_f = 300$	mm	$i_y = 7,51$	cm
$t_f = 15$	mm	$Z_x = 1465$	cm
$tw = 10$	mm	$Z_y = 682$	cm
$A = 119,8$	cm <sup>2</sup>	$S_x = 1360$	cm
$W = 94$	kg/m	$S_y = 450$	cm
$I_x = 20400$	cm <sup>4</sup>	$r = 18$	mm
$I_y = 6750$	cm <sup>4</sup>	$h = 234$	mm

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000 v14* didapatkan gaya dalam terbesar terdapat pada *frame 89* akibat kombinasi pembebanan 1,2D+1EX+1L.



Gambar 6. 17 Diagram Momen dan Gaya Geser Arah X Pada  
*Bressing Frame 89*



Gambar 6. 18 Diagram Momen dan Gaya Geser Arah Y Pada  
*Bressing Frame 89*

BJ 41,

H kolom = 4,2 m

L balok keseluruhan = 7 m

Panjang *link* (e) = 1 m

$f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$

$V_n = 76024,46 \text{ kg}$  (dari perhitungan *link*)

$M_{ux} = 6242,22 \text{ kg.m}$

$M_{uy} = 151,26 \text{ kg.m}$

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{H}{\frac{L-e}{2}} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{4,2}{\frac{7-1}{2}} \right) = 54,46^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang bresing} &= \frac{H}{\sin \alpha} \\ &= \frac{4,2 \text{ m}}{\sin 54,46^\circ} \\ &= 5,16 \text{ m} \\ &= 516,14 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \times R_y \times V_n \\ &= 1,25 \times 1,5 \times 76024,46 \text{ kg} \\ &= 142545,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \text{ tekan} &= \frac{V_u}{\sin \alpha} \\ &= \frac{142545,87}{\sin 54,46^\circ} \\ &= 175175,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \text{ tarik} &= \frac{V_u}{\sin \alpha} \\ &= \frac{142545,87}{\sin 54,46^\circ} \\ &= 175175,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Kontrol kuat lentur bresing (*Pasal F2 dan Tabel B4.1 SNI 1729:2015*)

- Sayap

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 15} < 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$10 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Badan

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{h}{t_w} < 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{234}{10} < 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$23,4 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Dikarenakan penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

- Momen nominal lentur

$$M_n = Z_x \times f_y$$

$$= 1465 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3733435,27 \text{ kg.cm} = 37334,35 \text{ kg.m}$$

- Syarat kuat lentur

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$6242,22 \text{ kg.m} \leq 0,9 \times 37334,35 \text{ kg.m}$$

$$6242,22 \text{ kg.m} < 33600,92 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK}$$

b. Kontrol penampang (*Tabel 7.5-1 SNI 1729:2002*)

- Sayap

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 15} < \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$10 < 15,81$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

- Badan

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{h}{t_w} < \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{234}{10} < \frac{665}{\sqrt{250}}$$

$$23,4 < 42,06$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

c. Kontrol kemampuan penampang (*Pasal E3 SNI 1729:2015*)

- Arah X

$$K_x = 1 \text{ (sendi-sendu)}$$

$$\lambda_x = \frac{L K_x}{i_x} = \frac{516,14 \times 1}{13,1} = 39,4$$

- Arah Y

$$K_y = 1 \text{ (sendi-sendu)}$$

$$\lambda_y = \frac{L K_y}{i_y} = \frac{516,14 \times 1}{7,51} = 68,73$$

$\lambda$  yang menentukan adalah yang terbesar yaitu 68,73

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{68,73^2} \\ &= 4259,97 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &\leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ 68,73 &< 4,71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ 68,73 &< 133,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } F_{cr} &= (0,685^{\frac{f_y}{f_e}}) f_y \\ &= (0,685^{\frac{2548,42}{4259,97}}) \times 2548,42 \\ &= 2032,25 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Bresing tarik

$$\begin{aligned} P_{\max} &= R_y \times f_y \times A_g \\ &= 1,5 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 119,8 \text{ cm}^2 \\ &= 457951,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } P_u &< \phi_c P_n \\ 175175,14 \text{ kg} &< 0,9 \times 457951,07 \text{ kg} \\ 175175,14 \text{ kg} &< 412155,96 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Bresing tekan

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 1,1 \times R_y \times f_{cr} \times A_g \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2032,25 \text{ kg/cm}^2 \times 119,8 \text{ cm}^2 \\ &= 401714,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat : } P_u &< \phi_c P_n \\
 175175,14 \text{ kg} &< 0,9 \times 401714,72 \text{ kg} \\
 175175,14 \text{ kg} &< 361543,26 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol interaksi aksial dan lentur (*Pasal 12.5 SNI 1729:2002*)

Diketahui :

$$M_n = 37334,35 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 33600,92 \text{ kg.m}$$

$$P_n = 401714,72 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 361543,26 \text{ kg}$$

$$P_r = 175175,14 \text{ kg}$$

$$M_{rx} = 6242,22 \text{ kg.m}$$

$$M_{ry} = 151,26 \text{ kg.m}$$

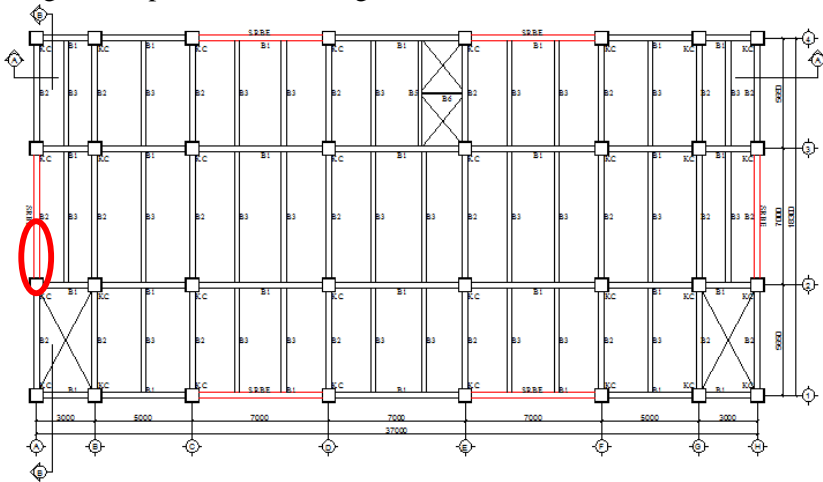
$$\begin{aligned}
 \frac{P_r}{P_c} &= \frac{P_r}{\phi_c P_n} \\
 &= \frac{175175,14 \text{ kg}}{361543,26 \text{ kg}} \\
 &= 0,48 > 0,2 \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan rumus interaksi yang terdapat pada *Pasal 12.5 Persamaan 12.5-1 SNI 1729:2002* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{\phi M_n} + \frac{M_{ry}}{\phi M_n} \right) &\leq 1 \\
 0,48 + \frac{8}{9} \left( \frac{6242,22}{33600,92} + \frac{151,26}{33600,92} \right) &\leq 1 \\
 &0,65 < 1 \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

### 6.5.2 Bresing Arah Y

Pada perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi UNSOED digunakan Bresing Arah Y dengan profil WF 300 x 300 x 10 x 15, dengan data perencanaan sebagai berikut :

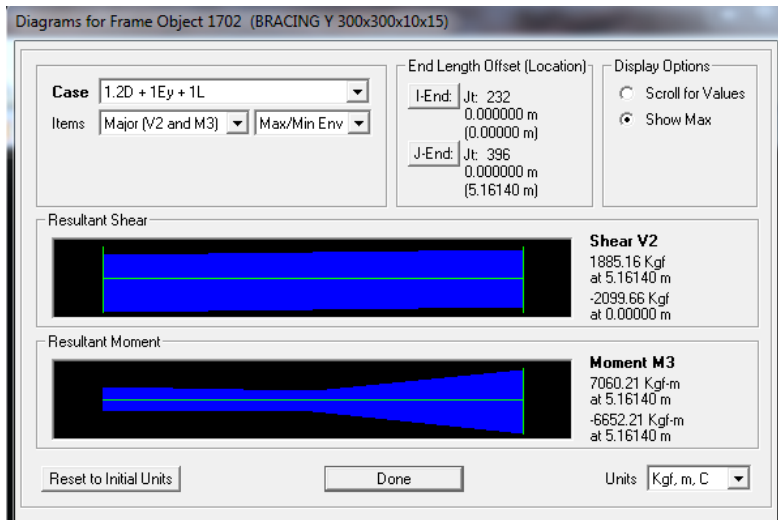


Gambar 6. 19 Lokasi Bresing Arah Y *Frame 1702*

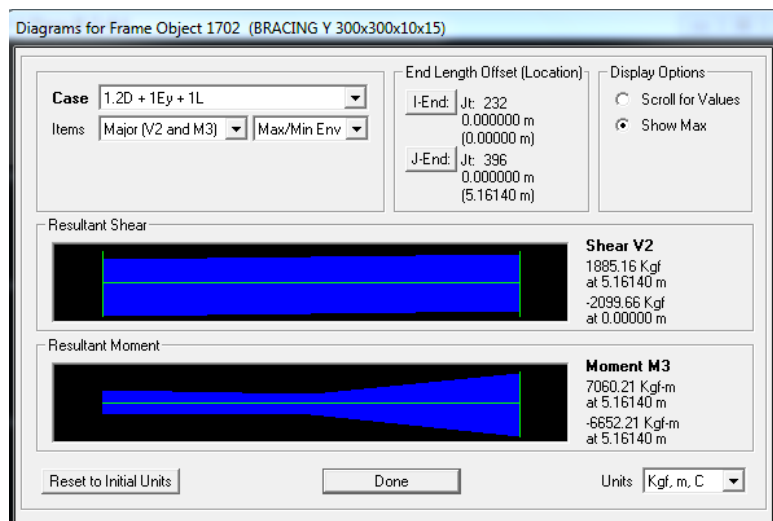
$d =$	300	mm	$i_x =$	13,1	cm
$b_f =$	300	mm	$i_y =$	7,51	cm
$t_f =$	15	mm	$Z_x =$	1465	cm
$tw =$	10	mm	$Z_y =$	682	cm
$A =$	119,8	cm <sup>2</sup>	$S_x =$	1360	cm
$W =$	94	kg/m	$S_y =$	450	cm
$I_x =$	20400	cm <sup>4</sup>	$r =$	18	mm
$I_y =$	6750	cm <sup>4</sup>	$h =$	234	mm

Berdasarkan output program bantu *SAP 2000 v14* didapatkan gaya dalam terbesar terdapat pada *frame 1702* akibat kombinasi pembebanan 1,2D+1EY+1L.





Gambar 6. 20 Diagram Momen dan Gaya Geser Arah X Pada  
*Bressing Frame 1702*



Gambar 6. 21 Diagram Momen dan Gaya Geser Arah Y Pada  
*Bressing Frame 1702*

BJ 41,

H kolom = 4,2 m

L balok keseluruhan = 7 m

Panjang *link* (e) = 1 m $f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$  $f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$  $V_n = 100550,46 \text{ kg}$  (dari perhitungan *link*) $M_{ux} = 7060,21 \text{ kg.m}$  $M_{uy} = 101,98 \text{ kg.m}$ 

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{H}{\frac{L-e}{2}} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{4,2}{\frac{7-1}{2}} \right) = 54,46^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang bresing} &= \frac{H}{\sin \alpha} \\ &= \frac{4,2 \text{ m}}{\sin 54,46^\circ} \\ &= 5,16 \text{ m} \\ &= 516,14 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \times R_y \times V_n \\ &= 1,25 \times 1,5 \times 100550,46 \text{ kg} \\ &= 188532,11 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \text{ tekan} &= \frac{V_u}{\sin \alpha} \\ &= \frac{188532,11}{\sin 54,46^\circ} \\ &= 231687,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \text{ tekan} &= \frac{V_u}{\sin \alpha} \\ &= \frac{188532,11}{\sin 54,46^\circ} \\ &= 231687,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Kontrol kuat lentur bresing (*SNI 1729:2015, Tabel B4.1 dan Pasal F2*)

- Sayap

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 15} < 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$10 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Badan

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{h}{t_w} < 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{234}{10} < 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$23,4 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Dikarenakan penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

- Momen nominal lentur

$$M_n = Z_x \times f_y$$

$$= 1465 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3733435,27 \text{ kg.cm} = 37334,35 \text{ kg.m}$$

- Syarat kuat lentur

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$101,98 \text{ kg.m} \leq 0,9 \times 37334,35 \text{ kg.m}$$

$$101,98 \text{ kg.m} < 33600,92 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK}$$

b. Kontrol penampang (*SNI 1729:2002, Tabel 7.5-1*)

- Sayap

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} < \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 15} < \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$10 < 15,81$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

- Badan

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{h}{t_w} < \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{234}{10} < \frac{665}{\sqrt{250}}$$

$$23,4 < 42,06$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

c. Kontrol kemampuan penampang (*Pasal E3 SNI 1729:2015*)

- Arah X

$$K_x = 1 \text{ (sendi-sendu)}$$

$$\lambda_x = \frac{L K_x}{i_x} = \frac{516,14 \times 1}{13,1} = 39,4$$

- Arah Y

$$K_y = 1 \text{ (sendi-sendu)}$$

$$\lambda_y = \frac{L K_y}{i_y} = \frac{516,14 \times 1}{7,51} = 68,73$$

$\lambda$  yang menentukan adalah yang terbesar yaitu 68,73

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 2038735,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{68,73^2} \\ &= 4259,97 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &\leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ 68,73 &< 4,71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ 68,73 &< 133,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } F_{cr} &= (0,685^{f_y}) f_y \\ &= (0,685^{4259,97}) \times 2548,42 \\ &= 2032,25 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Bresing tarik

$$\begin{aligned} P_{\max} &= R_y \times f_y \times A_g \\ &= 1,5 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 119,8 \text{ cm}^2 \\ &= 457951,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } P_u &< \phi_c P_n \\ 231687,80 \text{ kg} &< 0,9 \times 457951,07 \text{ kg} \\ 231687,80 \text{ kg} &< 412155,96 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Bresing tekan

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 1,1 \times R_y \times f_{cr} \times A_g \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2032,25 \text{ kg/cm}^2 \times 119,8 \text{ cm}^2 \\ &= 401714,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } P_u &< \phi_c P_n \\ 231687,80 \text{ kg} &< 0,9 \times 401714,71 \text{ kg} \\ 231687,80 \text{ kg} &< 361543,25 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

d. Kontrol interaksi aksial dan lentur (*Pasal 12.5 SNI 1729:2002*)

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 M_n &= 37334,35 \text{ kg.m} \\
 \emptyset M_n &= 33600,92 \text{ kg.m} \\
 P_n &= 401714,71 \text{ kg} \\
 \emptyset P_n &= 361543,25 \text{ kg} \\
 P_r &= 231687,80 \text{ kg} \\
 M_{rx} &= 7060,21 \text{ kg.m} \\
 M_{ry} &= 101,98 \text{ kg.m} \\
 \frac{P_r}{P_c} &= \frac{P_r}{\emptyset_c P_n} \\
 &= \frac{231687,80}{361543,25} \\
 &= 0,64 > 0,2 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan rumus interaksi yang terdapat pada *Pasal 12.5 Persamaan 12.5-1 SNI 1729:2002* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{\emptyset M_n} + \frac{M_{ry}}{\emptyset M_n} \right) &\leq 1 \\
 0,64 + \frac{8}{9} \left( \frac{7060,21}{33600,92} + \frac{101,98}{33600,92} \right) &\leq 1 \\
 &0,83 < 1 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Tabel 6. 1 Rekapitulasi Dimensi Struktur Primer

ELEMEN	LANTAI	ARAH	PROFIL YANG DIGUNAKAN
Balok Induk		X	WF 600 x 300 x 12 x17
		Y	WF 600 x 300 x 12 x17
Kolom	1-6		HSS 700 x 700 x 25 x 25
	7-12		HSS 600 x 600 x 25 x 25
Link		X	WF 500 x 300 x 11 x 18
		Y	WF 600 x 300 x 12 x 20
Balok di luar link		X	WF 500 x 300 x 11 x 18
		Y	WF 600 x 300 x 12 x 20
Bresing		X	WF 300 x 300 x 10 x 15
		Y	WF 300 x 300 x 10 x 15

## 6.6 Perencanaan Sambungan

### 6.6.1 Sambungan Balok Anak-Balok Induk

Sambungan sendi yang digunakan pada balok anak dan balok induk, sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

Balok anak = WF 350 x 250 x 8 x 12

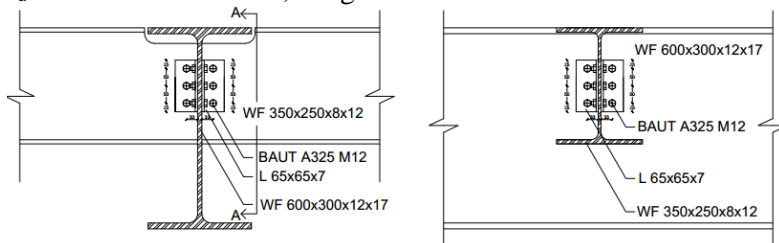
Balok induk = WF 600 x 300 x 12 x 17

$V_u$  balok anak = 10614,62 kg

BJ 41 →

$f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 6. 22 Detail Sambungan Balok Anak-Balok Induk

Pelat siku = L 65 x 65 x 7

Baut :

Mutu = A 325

$\phi_{\text{baut}} = \text{M12} = 1,2 \text{ cm}$

$A_{\text{baut}} = 113,1 \text{ mm}^2 = 1,13 \text{ cm}^2$

$F_{nv} = 457 \text{ MPa} = 4658,51 \text{ kg/cm}^2$

(Tabel J3.2 SNI 1729:2015)

D lubang = 18 mm

(Tabel J3.3 SNI 1729:2015)

$m = 2$

a. Jarak baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.3, Pasal J3.4, Pasal J3.5)

Jarak antar baut (S)

$3d_b \leq S \leq 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm}$

$3 \times 12 \text{ mm} \leq S \leq 24 \times 7 \text{ mm atau } 305 \text{ mm}$

$36 \text{ mm} < 50 \text{ mm} < 168 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$

Jarak baut ke tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{llll} 22 & \leq & S_1 & \leq 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm} \\ 22 & \leq & S_1 & \leq 12 \times 7 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ 22 \text{ mm} & < & 25 \text{ mm} & < 84 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \end{array}$$

Maka jarak antar baut yang digunakan adalah  $S = 50 \text{ mm}$  dan jarak baut ke tepi  $S_1 = 25 \text{ mm}$ .

b. Sambungan baut dengan balok anak

1. Kuat geser baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.6*)

$$m = 2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi (F_{nv} \times A_b \times m) \\ &= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 1,13 \text{ cm}^2 \times 2) \\ &= 7902,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Kuat tumpu baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.10*)

$$\begin{aligned} l_c &= S_1 - \frac{d}{2} \\ &= 25 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2} = 19 \text{ mm} = 1,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n1} &= \phi (1,2 \times l_c \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (1,2 \times 1,9 \text{ cm} \times 0,7 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 5002,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n2} &= \phi (2,4 \times d \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 1,2 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 7222,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\phi R_{n1}$  dan  $\phi R_{n2}$  maka, dipakai nilai kuat tumpu = 5002,75 kg

3. Kuat nominal

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\phi R_n = 5002,75 \text{ kg}$

4. Jumlah baut

$$n = \frac{\text{jumlah sisi} \times V_u}{\phi R_n}$$



$$= \frac{2 \times 10614,62 \text{ kg}}{5002,75 \text{ kg}}$$

$$= 6 \text{ buah (2 sisi)}$$

c. Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok anak

1. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)

$$L_{\text{pelat}} = 2 \times S_1 + \left(\frac{n}{2} - 1\right) \times S$$

$$= 2 \times 25 \text{ mm} + \left(\frac{6}{2} - 1\right) \times 50 \text{ mm}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

- Untuk pelelehan geser dari elemen

$$A_{gv} = L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}}$$

$$= 150 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}$$

$$= 1050 \text{ mm}^2$$

$$= 10,5 \text{ cm}^2$$

$$\phi = 1$$

$$\phi R_n = \phi (0,6 \times f_y \times A_{gv})$$

$$= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 10,5 \text{ cm}^2)$$

$$= 16055,05 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$V_u \leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat}$$

$$10614,62 \text{ kg} \leq 16055,05 \text{ kg} \times 2$$

$$10614,62 \text{ kg} < 32110,09 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$L_{nv} = L_{\text{pelat}} - (n/2 - D \text{ lubang})$$

$$= 150 \text{ mm} - (3 \times 18 \text{ mm})$$

$$= 96 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}}$$

$$= 96 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}$$

$$= 672 \text{ mm}^2$$

$$= 6,72 \text{ cm}^2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi R_n = \phi (0,6 \times f_u \times A_{nv})$$

$$= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 6,72 \text{ cm}^2)$$

$$= 12638,53 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 10614,62 \text{ kg} &\leq 12638,53 \text{ kg} \times 2 \\ 10614,62 \text{ kg} &< 25277,06 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

d. Sambungan baut dengan balok induk

1. Kuat geser baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.6*)

$$m = 2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi (F_{nv} \times A_b \times m) \\ &= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 1,13 \text{ cm}^2 \times 2) \\ &= 7902,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Kuat tumpu baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.10*)

$$\begin{aligned} l_c &= S_1 - \frac{d}{2} \\ &= 25 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2} \\ &= 19 \text{ mm} = 1,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n1} &= \phi (1,2 \times l_c \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (1,2 \times 1,9 \text{ cm} \times 0,7 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 5002,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n2} &= \phi (2,4 \times d \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 1,2 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 10833,03 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\phi R_{n1}$  dan  $\phi R_{n2}$  maka, diapakai nilai kuat tumpu = 5002,75 kg

3. Kuat nominal

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\phi R_n = 5002,75 \text{ kg}$

4. Jumlah baut

$$n = \frac{\text{jumlah sisi} \times V_u}{\phi R_n}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2 \times 10614,62 \text{ kg}}{3836,70 \text{ kg}} \\
 &= 6 \text{ buah (2 sisi)}
 \end{aligned}$$

e. Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok induk

1. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)

$$\begin{aligned}
 L_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 + \left(\frac{n}{2} - 1\right) \times S \\
 &= 2 \times 25 \text{ mm} + \left(\frac{6}{2} - 1\right) \times 50 \text{ mm} \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Untuk pelelehan geser dari elemen

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 150 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} \\
 &= 1050 \text{ mm}^2 \\
 &= 10,5 \text{ cm}^2 \\
 \phi &= 1 \\
 \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\
 &= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 10,5 \text{ cm}^2) \\
 &= 16055,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\
 10614,62 \text{ kg} &\leq 16055,05 \text{ kg} \times 2 \\
 10614,62 \text{ kg} &< 32110,09 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$\begin{aligned}
 L_{nv} &= L_{\text{pelat}} - \left(\frac{n}{2} - D \text{ lubang}\right) \\
 &= 150 \text{ mm} - \left(\frac{6}{2} \times 18 \text{ mm}\right) \\
 &= 96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 96 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} \\
 &= 672 \text{ mm}^2 \\
 &= 6,72 \text{ cm}^2 \\
 \phi &= 0,75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 6,72 \text{ cm}^2) \\ &= 12638,53 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 10614,62 \text{ kg} &\leq 12638,53 \text{ kg} \times 2 \\ 10614,62 \text{ kg} &< 25277,06 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

### 6.6.2 Sambungan Balok Utama Tangga-Balok Penumpu Bordes

Sambungan rol yang digunakan pada balok utama tangga dan balok penumpu bordes, sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dan momen dari balok utama tangga. Diketahui :

Balok utama tangga = WF 300 x 150 x 5,5 x 8

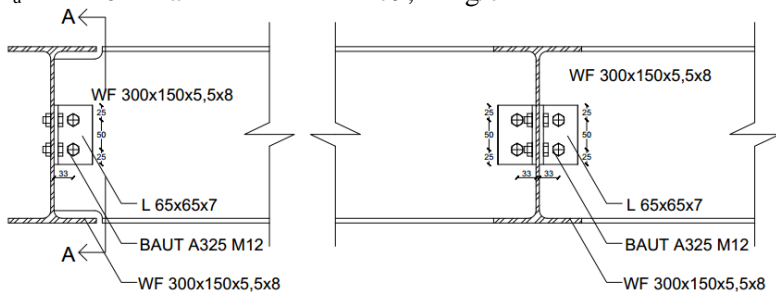
Balok penumpu bordes = WF 300 x 150 x 5,5 x 8

$V_u$  balok utama tangga = 3081,45 kg

BJ 41 →

$f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 6. 23 Detail Sambungan Balok Utama Tangga-Balok Penumpu Bordes

Pelat siku = L 65 x 65 x 7

Baut :

Mutu = A 325

$\phi_{\text{baut}} = \text{M12} = 1,2 \text{ cm}$

$$A_{\text{baut}} = 113,1 \text{ mm}^2 = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{nv}} = 457 \text{ MPa} = 4658,51 \text{ kg/cm}^2$$

(Tabel J3.2 SNI 1729:2015)

$$D \text{ lubang} = 18 \text{ mm}$$

(Tabel J3.3 SNI 1729:2015)

$$m = 2$$

- a. Jarak baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.3, Pasal J3.4, Pasal J3.5)

Jarak antar baut (S)

$$3d_b \leq S \leq 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm}$$

$$3 \times 12 \text{ mm} \leq S \leq 24 \times 5,5 \text{ mm atau } 305 \text{ mm}$$

$$36 \text{ mm} < 50 \text{ mm} < 132 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Jarak baut ke tepi ( $S_1$ )

$$22 \leq S_1 \leq 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$22 \leq S_1 \leq 12 \times 7 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$22 \text{ mm} < 25 \text{ mm} < 84 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Maka jarak antar baut yang digunakan adalah  $S = 50 \text{ mm}$  dan jarak baut ke tepi  $S_1 = 25 \text{ mm}$ .

- b. Sambungan baut dengan balok utama tangga

1. Kuat geser baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.6)

$$m = 2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi R_n = \phi (F_{\text{nv}} \times A_b \times m)$$

$$= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 1,13 \text{ cm}^2 \times 2)$$

$$= 7902,98 \text{ kg}$$

2. Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.10)

$$l_c = S_1 - \frac{d}{2}$$

$$= 25 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2}$$

$$= 19 \text{ mm}$$

$$= 1,9 \text{ cm}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi R_{n1} = \phi (1,2 \times l_c \times t \times f_u)$$

$$= 0,75 \times (1,2 \times 1,9 \text{ cm} \times 0,7 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2)$$

$$= 5002,75 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{n2} &= \phi (2,4 \times d \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 1,2 \text{ cm} \times 5,5 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 4965,14 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\phi R_{n1}$  dan  $\phi R_{n2}$  maka, diapakai nilai kuat tumpu = 4965,14 kg

3. Kuat nominal

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\phi R_n = 4965,14 \text{ kg}$

4. Jumlah baut

$$\begin{aligned}n &= \frac{\text{jumlah sisi} \times V_u}{\phi R_n} \\ &= \frac{2 \times 3081,45 \text{ kg}}{4965,14 \text{ kg}} \\ &= 4 \text{ buah (2 sisi)}\end{aligned}$$

c. Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok utama

1. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)

$$\begin{aligned}L_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 + (n/2 - 1) \times S \\ &= 2 \times 25 \text{ mm} + (2 - 1) \times 50 \text{ mm} \\ &= 100 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Untuk pelelehan geser dari elemen

$$\begin{aligned}A_{gv} &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 100 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} \\ &= 700 \text{ mm}^2 = 7 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\phi = 1$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 7 \text{ cm}^2) \\ &= 10703,36 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 3081,45 \text{ kg} &\leq 10703,36 \text{ kg} \times 2 \\ 3081,45 \text{ kg} &< 21406,73 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}\end{aligned}$$

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$\begin{aligned}L_{nv} &= L_{\text{pelat}} - (n/2 - D \text{ lubang}) \\ &= 100 \text{ mm} - (2 \times 18 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 64 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} \\
 &= 448 \text{ mm}^2 = 4,48 \text{ cm}^2 \\
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset Rn &= \emptyset (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 4,48 \text{ cm}^2) \\
 &= 8425,69 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \emptyset Rn \times \text{jumlah pelat} \\
 3081,45 \text{ kg} &\leq 8425,69 \text{ kg} \times 2 \\
 3081,45 \text{ kg} &< 16851,38 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

d. Sambungan baut dengan balok penumpu bordes

1. Kuat geser baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.6*)

$$\begin{aligned}
 m &= 1 \\
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset Rn &= \emptyset (F_{nv} \times A_b \times m) \\
 &= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 1,13 \text{ cm}^2 \times 1) \\
 &= 3951,49 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Kuat tumpu baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.10*)

$$\begin{aligned}
 l_c &= S_l - \frac{d}{2} \\
 &= 25 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2} \\
 &= 19 \text{ mm} \\
 &= 1,9 \text{ cm} \\
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset Rn_1 &= \emptyset (1,2 \times l_c \times t \times f_u) \\
 &= 0,75 \times (1,2 \times 1,9 \text{ cm} \times 0,7 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 5002,75 \text{ kg} \\
 \emptyset Rn_2 &= \emptyset (2,4 \times d \times t \times f_u) \\
 &= 0,75 \times (2,4 \times 1,2 \text{ cm} \times 0,55 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 4965,14 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\emptyset Rn_1$  dan  $\emptyset Rn_2$  maka, diapakai nilai kuat tumpu = 4965,14 kg

## 3. Kuat nominal

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\phi R_n = 3951,49 \text{ kg}$

Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{jumlah sisi} \times V_u}{\phi R_n} \\ &= \frac{2 \times 3081,45 \text{ kg}}{3951,49 \text{ kg}} \\ &= 2 \text{ buah (2 sisi)} \end{aligned}$$

## e. Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok penumpu bordes

1. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)

$$\begin{aligned} L_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S \\ &= 2 \times 25 \text{ mm} + (2-1) \times 50 \text{ mm} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

## • Untuk pelelehan geser dari elemen

$$\begin{aligned} A_{gv} &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 100 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} \\ &= 700 \text{ mm}^2 = 7 \text{ cm}^2 \\ \phi &= 1 \\ \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 7 \text{ cm}^2) \\ &= 10703,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 3081,45 \text{ kg} &\leq 10703,36 \text{ kg} \times 1 \\ 3081,45 \text{ kg} &< 10703,36 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

## • Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$\begin{aligned} L_{nv} &= L_{\text{pelat}} - (n/2 - D \text{ lubang}) \\ &= 100 \text{ mm} - (2 \times 18 \text{ mm}) \\ &= 64 \text{ mm} \\ A_{nv} &= L_{nv} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 64 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} \\ &= 448 \text{ mm}^2 = 4,48 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 4,48 \text{ cm}^2) \\ &= 8425,69 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$V_u \leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat}$$

$$3081,45 \text{ kg} \leq 8425,69 \text{ kg} \times 1$$

$$3081,45 \text{ kg} < 8425,69 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

### 6.6.3 Sambungan Balok Penumpu Bordes-Kolom CFT 700x700x25x25

Sambungan sendi yang digunakan pada balok penumpu bordes dengan kolom. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

$$\text{Kolom CFT} = \text{HSS } 700 \times 700 \times 25 \times 25$$

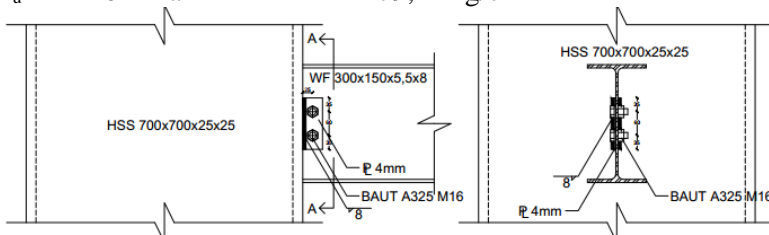
$$\text{Balok penumpu bordes} = \text{WF } 300 \times 150 \times 5,5 \times 8$$

$$V_u \text{ balok penumpu bordes} = 6475,57 \text{ kg}$$

BJ 41  $\rightarrow$

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2548,42 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4179,41 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 6. 24 Detail Sambungan Balok Penumpu Bordes-Kolom CFT 700x700x25x25

Baut :

$$\text{Mutu} = \text{A } 325$$

$$\phi_{\text{baut}} = \text{M16} = 1,6 \text{ cm}$$

$$A_{\text{baut}} = 201,06 \text{ mm}^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$F_{nv} = 457 \text{ MPa} = 4658,51 \text{ kg/cm}^2$$

(Tabel J3.2 SNI 1729:2015)

$$D \text{ lubang} = 18 \text{ mm}$$

(Tabel J3.3 SNI 1729:2015)

$$m = 1$$

$$\text{Single pelat, } t = 4 \text{ mm}$$

Las : sudut

$$\text{Ukuran minimum las} = 8 \text{ mm (SNI 1729:2015, Pasal J2.4)}$$

$$\text{Jumlah sisi las} = 2 \text{ sisi}$$

- a. Jarak baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.3, Pasal J3.4, Pasal J3.5)

Jarak antar baut (S)

$$3d_b \leq S \leq 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm}$$

$$3 \times 16 \text{ mm} \leq S \leq 24 \times 4 \text{ mm atau } 305 \text{ mm}$$

$$48 \text{ mm} < 60 \text{ mm} < 96 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

Jarak baut ke tepi ( $S_1$ )

$$22 \leq S_1 \leq 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$22 \leq S_1 \leq 12 \times 4 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$22 \text{ mm} < 35 \text{ mm} < 48 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

Maka jarak antar baut yang digunakan adalah  $S = 60 \text{ mm}$  dan jarak baut ke tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$ .

- b. Sambungan baut dengan balok penumpu bordes

1. Kuat geser baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.6)

$$m = 1$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi R_n = \phi (F_{nv} \times A_b \times m)$$

$$= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1)$$

$$= 7024,87 \text{ kg}$$

2. Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.10)

$$l_c = S_1 - \frac{d}{2}$$

$$= 35 \text{ mm} - \frac{16 \text{ mm}}{2}$$

$$= 27 \text{ mm}$$

$$= 2,7 \text{ cm}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned}\phi R_{n1} &= \phi (1,2 \times l_c \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (1,2 \times 2,7 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 4062,39 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{n2} &= \phi (2,4 \times d \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 4814,68 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\phi R_{n1}$  dan  $\phi R_{n2}$  maka, dipakai nilai kuat tumpu = 4062,39 kg

3. Kuat nominal

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\phi R_n = 4062,39 \text{ kg}$

4. Jumlah baut

$$\begin{aligned}n &= \frac{\text{jumlah sisi} \times V_u}{\phi R_n} \\ &= \frac{1 \times 6475,57 \text{ kg}}{4062,39 \text{ kg}} \\ &= 2 \text{ buah (1 sisi)}\end{aligned}$$

c. Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok penumpu bordes

1. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)

$$\begin{aligned}L_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S \\ &= 2 \times 35 \text{ mm} + (2-1) \times 60 \text{ mm} \\ &= 130 \text{ mm}\end{aligned}$$

• Untuk pelelehan geser dari elemen

$$\begin{aligned}A_{gv} &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 130 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 520 \text{ mm}^2 \\ &= 5,2 \text{ cm}^2 \\ \phi &= 1 \\ \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 5,2 \text{ cm}^2) \\ &= 7951,07 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$Vu \leq \phi Rn \times \text{jumlah pelat}$$

$$6475,57 \text{ kg} \leq 7951,07 \text{ kg} \times 1$$

$$6475,57 \text{ kg} < 7951,07 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}$$

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$L_{nv} = L_{\text{pelat}} - (n - D \text{ lubang})$$

$$= 130 \text{ mm} - (2 \times 18 \text{ mm})$$

$$= 94 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}}$$

$$= 94 \text{ mm} \times 5,2 \text{ mm}$$

$$= 376 \text{ mm}^2 = 3,76 \text{ cm}^2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi Rn = \phi (0,6 \times f_u \times A_{nv})$$

$$= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 3,76 \text{ cm}^2)$$

$$= 7071,56 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$Vu \leq \phi Rn \times \text{jumlah pelat}$$

$$6475,57 \text{ kg} \leq 7071,56 \text{ kg} \times 1$$

$$6475,57 \text{ kg} < 7071,56 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}$$

- d. Sambungan las sudut

$$\text{Mutu las} = F_{E70XX}$$

$$= 70 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 4923,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$F_{nw} = 0,6 \times F_{E70XX} \times (1 + 0,5 \sin^{1,5}\theta)$$

$$= 0,6 \times 4923,1 \text{ kg/cm}^2 \times (1 + 0,5 \sin^{1,5}0^\circ)$$

$$= 2953,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$l_w = L_{\text{pelat}} = 13 \text{ cm}$$

$$a = 8 \text{ mm}$$

$$t_e = 0,707 \times a$$

$$= 0,707 \times 0,8 \text{ cm}$$

$$= 0,57 \text{ cm}$$

$$A_w = (t_e \times l_w) \times \text{jumlah sisi las}$$

$$= (0,57 \text{ cm} \times 13 \text{ cm}) \times 2 \text{ sisi}$$

$$= 14,71 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset R_n &= \emptyset (F_{nw} \times A_w) \\
 &= 0,75 (2953,86 \text{ kg/cm}^2 \times 14,71 \text{ cm}^2) \\
 &= 32578,71 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \emptyset R_n \times \text{jumlah pelat} \\
 6475,57 \text{ kg} &\leq 32578,7 \text{ kg} \times 1 \\
 6475,57 \text{ kg} &\leq 32578,7 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

#### 6.6.4 Sambungan Kolom CFT 700x700x25x25-Kolom CFT 700x700x25x25

Sambungan kolom CFT 700x700x25x25 dengan kolom CFT 700x700x25x25 direncanakan menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu  $F_{E90XX}$ . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah gaya akibat beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

$$\text{Kolom CFT atas} = \text{HSS } 700 \times 700 \times 25 \times 25$$

$$\text{Kolom CFT bawah} = \text{HSS } 700 \times 700 \times 25 \times 25$$

$$I_x = I_y = 477900 \text{ cm}^4$$

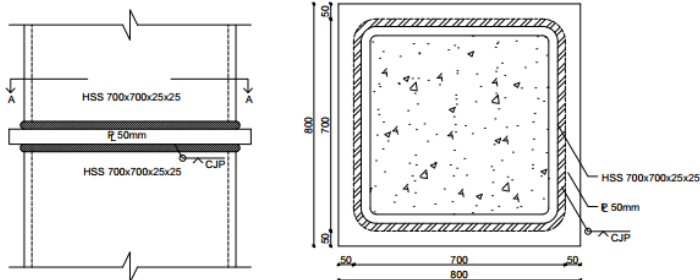
$$M_{ux} = 69203,94 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 85384,27 \text{ kg.m}$$

$$P_u = 834203,3 \text{ kg}$$

$$V_{ux} = 18839,46 \text{ kg}$$

$$V_{uy} = 16334,89 \text{ kg}$$



Gambar 6. 25 Detail Sambungan Kolom CFT 700x700x25x25-Kolom CFT 700x700x25x25

$$\begin{aligned}
\text{Las} &= \text{tumpul penetrasi penuh} \\
\text{Mutu las} &= F_{E90XX} \\
F_{yw} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 = 6329,7 \text{ kg/cm}^2 \\
\text{Tebal pelat} &= 50 \text{ mm} \\
t_{\text{kolom}} &= 25 \text{ mm} \\
t_{\text{las pakai}} &= 2,5 \text{ cm (sesuai tebal kolom)} \\
L_{\text{pelat}} &= \text{keliling kolom} \\
&= 4 \times 70 \text{ cm} \\
&= 280 \text{ cm} \\
A &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{las pakai}} \\
&= 280 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \\
&= 700 \text{ cm}^2 \\
S_x = S_y &= \frac{b \times d^3 - (b - 2(t_f + r)) \times h^3}{6d} \\
&= \frac{70 \times 70^3 - (70 - 2(2,5 + 7,5)) \times 50^3}{6 \times 70} \\
&= 42285,71 \text{ cm}^3 \\
f_u \text{ las} &= \emptyset (0,6 \times f_{yw}) \\
&= 0,75 (0,6 \times 6329,7 \text{ kg/cm}^2) \\
&= 2848,37 \text{ kg/cm}^2 \\
f_u \text{ baja} &= \emptyset (0,9 \times f_u) \\
&= 0,75 (0,9 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\
&= 2821,1 \text{ kg/cm}^2 \\
f_u \text{ minimum} &= 2821,1 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

a. Gaya akibat  $P_u$

$$\begin{aligned}
F_v &= \frac{P_u}{A_{\text{las}}} + \frac{M_{ux}}{S_x} + \frac{M_{uy}}{S_y} \\
&= \frac{834203,3}{700} + \frac{69203,94}{42285,71} + \frac{85384,27}{42285,71} \\
&= 1557,3 \text{ kg/cm}^2 \\
F_v &\leq f_u \\
1557,3 \text{ kg/cm}^2 &< 2821,1 \text{ kg/cm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}
\end{aligned}$$

b. Gaya akibat  $V_u$

$$\begin{aligned} F_{hx} &= \frac{V_{ux}}{A_{las}} \\ &= \frac{18839,46}{700} \\ &= 26,91 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{hy} &= \frac{V_{uy}}{A_{las}} \\ &= \frac{16334,89}{700} \\ &= 23,34 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{h \text{ total}} &= \sqrt{f_{hx}^2 + f_{hy}^2} \\ &= \sqrt{26,91^2 + 23,34^2} \\ &= 35,62 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

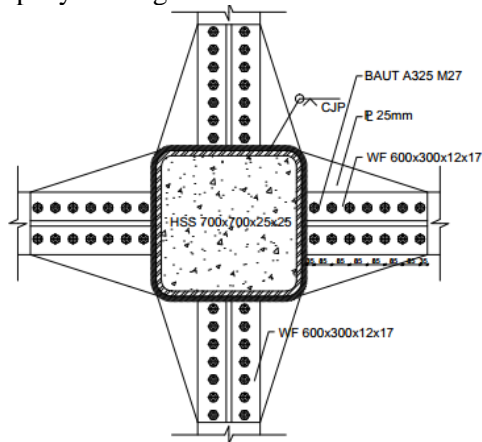
$$\begin{aligned} F_h &\leq f_u \\ 35,62 \text{ kg/cm}^2 &< 2821,1 \text{ kg/cm}^2 \quad \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

c. Cek kemampuan las

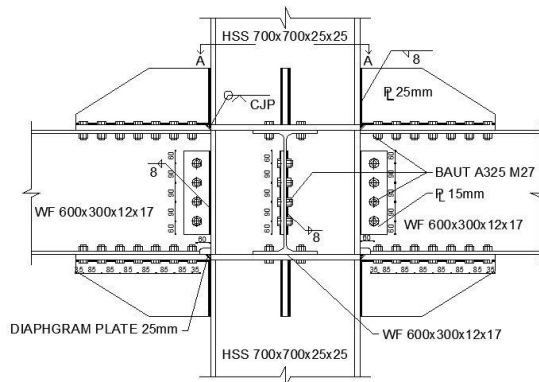
$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &\leq 1 \\ \left( \frac{F_v}{f_{u \text{ las}}} \right)^2 + \left( \frac{F_h}{f_{u \text{ las}}} \right)^2 &\leq 1 \\ \left( \frac{1557,3}{2821,1} \right)^2 + \left( \frac{35,62}{2821,1} \right)^2 &\leq 1 \\ 0,3 &< 1 \quad \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

### 6.6.5 Sambungan Balok Induk-Kolom CFT 700x700x25x25

Sambungan pada Balok Induk dengan kolom direncanakan sebagai *rigid connection*, tumpuan pada balok induk terletak sebagai tumpuan yang diberi pelat pengaku. Sambungan menggunakan las pada konsol ke kolom, baut dan pelat siku sebagai pelat penyambung.



Gambar 6. 26 Tampak Atas Sambungan Balok Induk-Kolom CFT  
700x700x25x25



Gambar 6. 27 Tampak Samping Sambungan Balok Induk -  
Kolom



Kolom CFT atas : HSS 700 x 700 x 25 x 25  
 H kolom : 4,2 m  
 Balok Induk X : WF 600 x 300 x 12 x 17  
 d balok : 582 mm  
 $Z_x$  : 3782 cm<sup>3</sup>  
 L balok : 7 m  
 Output SAP :  
 $M_u = 44279,67 \text{ kg.m}$   
 $V_u = 21225,2 \text{ kg}$

Baut :

Mutu = A 325

$\emptyset_{\text{baut}} = \text{M27} = 2,7 \text{ cm}$

$A_{\text{baut}} = 572,56 \text{ mm}^2 = 5,73 \text{ cm}^2$

$F_{nv} = 457 \text{ MPa} = 4658,51 \text{ kg/cm}^2$

(Tabel J3.2 SNI 1729:2015)

D lubang = 30 mm

(Tabel J3.3 SNI 1729:2015)

m = 1

Single pelat, t = 15 mm

Las : sudut

Mutu las =  $F_{E90XX}$

$f_{yw} = 90 \times 70,33$

$= 6329,7 \text{ kg/cm}^2$

Ukuran minimum las = 8 mm (SNI 1729:2015, Pasal J2.4)

Dipakai te = 8 mm = 0,8 cm

a. Perhitungan gaya geser pada sambungan

- Akibat kapasitas balok induk

$Mu^* = 1,1 \times R_y \times Z_x \times f_y$

$= 1,1 \times 1,5 \times 3782 \text{ cm}^3 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2$

$= 15902905 \text{ kg.cm} = 159029,05 \text{ kg.m}$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 2 \frac{M_u^*}{L} \\
 &= 2 \frac{159029,05}{7} \\
 &= 45436,87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban kombinasi 1,2D + 0,5L

$$\begin{aligned}
 W_{BI} &= 137 \text{ kg/m} \times 7 \text{ m} &= 959 \text{ kg} \\
 q_{d \text{ pelat}} &= 332,2 \text{ kg/m}^2 \times 7 \text{ m} \times 6,33 \text{ m} &= 14708,2 \text{ kg} \\
 W_{BA2} &= 69,2 \text{ kg/m} \times 5,65 \text{ m} &= 390,98 \text{ kg} \\
 W_{BA2} &= 69,2 \text{ kg/m} \times 7 \text{ m} &= 484,4 \text{ kg} + \\
 &Pd &= 16542,54 \text{ kg} \\
 p_{1 \text{ pelat}} &= 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 7 \text{ m} \times 6,325 \text{ m} &= 21618,5 \text{ kg} \\
 V_u &= \frac{1,2 P_d + 0,5 P_1}{2} \\
 &= \frac{1,2 \times 16542,5 + 0,5 \times 21618,5}{2} \\
 &= 15330,14 \text{ kg} \\
 V_u \text{ total} &= V_u \text{ kombinasi} + V_u \text{ sambungan} \\
 &= 45436,87 \text{ kg} + 15330,14 \text{ kg} \\
 &= 60767,01 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Sambungan geser pada badan balok

- Jarak baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.3, Pasal J3.4, Pasal J3.5*)

Jarak antar baut (S)

$$\begin{aligned}
 3d_b &\leq S &\leq 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 3 \times 27 \text{ mm} &\leq S &\leq 24 \times 15 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 81 \text{ mm} &< 90 \text{ mm} &< 288 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jarak baut ke tepi ( $S_1$ )

$$\begin{aligned}
 30 &\leq S_1 &\leq 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm} \\
 30 &\leq S_1 &\leq 12 \times 15 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 30 \text{ mm} &< 60 \text{ mm} &< 180 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Maka jarak antar baut yang digunakan adalah  $S = 90 \text{ mm}$  dan jarak baut ke tepi  $S_1 = 60 \text{ mm}$ .

- Sambungan baut dengan balok induk

a. Kuat geser baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.6*)

$$m = 1$$

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (F_{nv} \times A_b \times m) \\ &= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 5,73 \text{ cm}^2 \times 1) \\ &= 20004,42 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.10*)

$$\begin{aligned}l_c &= S_1 - \frac{d}{2} \\ &= 60 \text{ mm} - \frac{27 \text{ mm}}{2}\end{aligned}$$

$$= 46,5 \text{ mm}$$

$$= 4,65 \text{ cm}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned}\phi R_{n1} &= \phi (1,2 \times l_c \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (1,2 \times 4,65 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 4179,41) \\ &= 26236,24 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{n2} &= \phi (2,4 \times d \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 4179,41) \\ &= 24374,31 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\phi R_{n1}$  dan  $\phi R_{n2}$  maka, dipakai nilai kuat tumpu = 24374,31 kg

- Kuat nominal

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\phi R_n = 20004,42 \text{ kg}$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned}n &= \frac{V_u}{\phi R_n} \\ &= \frac{60767,01 \text{ kg}}{20004,42 \text{ kg}} = 3,04 \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

- Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok anak

1. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)

$$\begin{aligned} L_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S \\ &= 2 \times 60 \text{ mm} + (4-1) \times 90 \text{ mm} \\ &= 390 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 \\ &= 2 \times 60 \text{ mm} \\ &= 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk pelelehan geser dari elemen

$$\begin{aligned} A_{\text{gv}} &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 390 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \\ &= 5850 \text{ mm}^2 = 58,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\phi = 1$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_y \times A_{\text{gv}}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 58,5 \text{ cm}^2) \\ &= 89449,54 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 60767 \text{ kg} &\leq 89449,54 \text{ kg} \times 1 \\ 60767 \text{ kg} &< 89449,54 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$\begin{aligned} L_{\text{nv}} &= L_{\text{pelat}} - (n - D \text{ lubang}) \\ &= 390 \text{ mm} - (4 \times 30 \text{ mm}) \\ &= 270 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{nv}} &= L_{\text{nv}} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 270 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \\ &= 4050 \text{ mm}^2 = 40,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_u \times A_{\text{nv}}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 40,5 \text{ cm}^2) \\ &= 76169,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 60767 \text{ kg} &\leq 76169,72 \text{ kg} \times 1 \\ 60767 \text{ kg} &< 76169,72 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

c. Sambungan geser pada kolom

$$\begin{aligned} A_{\text{las}} &= 2 \times (L_{\text{pelat}} \times t_e) \\ &= 2 \times (39 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm}) \\ &= 62,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Akibat beban sentris

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{P_u}{A_{\text{las}}} \\ &= \frac{60767 \text{ kg}}{62,4} \end{aligned}$$

$$= 973,83 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_u \text{ las} &= \phi (0,6 \times f_{yw} \times l_w \times t_e) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 6329,7 \text{ kg/cm}^2 \times 2 \times 39 \text{ cm} \times t_e) \\ &= 222172,5 \text{ kg/cm} \times t_e \end{aligned}$$

$$f_{\text{total}} = f_u \text{ las}$$

$$f_v = 222172,5 \text{ kg/cm}^2 \times t_e$$

$$\begin{aligned} t_e &= \frac{f_v}{222172,5} \\ &= \frac{973,83}{222172,5} \\ &= 0,004 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{t_e}{0,707} \\ &= \frac{0,004}{0,707} \\ &= 0,006 \text{ cm} \\ &= 0,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan *SNI 1729:2015, Tabel J2.4*, ukuran minimum las sudut ditinjau dari ketebalan material yang tertepis. Sehingga  $a_{\text{min}}$  untuk material dengan tipis  $> 19 \text{ mm}$  senilai  $a_{\text{min}} = 8 \text{ mm}$ . Maka dipakai las sudut dengan tebal  $8 \text{ mm}$ .

d. Sambungan pada diaphragm plate dengan kolom

Direncanakan menggunakan las tumpul penetrasi penuh tebal  $25 \text{ mm}$  dan tebal *diaphragm plate*  $25 \text{ mm}$ .

- Gaya tarik akibat Mu

$$\begin{aligned}
 P_u &= \frac{M_u}{d_{\text{balok}}} \\
 &= \frac{159029,1 \text{ kg.m}}{0,582 \text{ m}} \\
 &= 273245,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan rencana las tumpul

$$\begin{aligned}
 t_e &= 25 \text{ mm} \\
 t_{\text{pelat}} &= 25 \text{ mm} \\
 f_{yw} &= 6329,7 \text{ kg/cm}^2 \\
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset f_{u \text{ las}} &= \emptyset (0,6 f_{yw}) \\
 &= 0,75 \times (0,6 \times 6329,7 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 2848,37 \text{ kg/cm}^2 \\
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset f_{ubaja} &= \emptyset (0,6 f_u) \\
 &= 0,75 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 1880,73 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_{u \text{ min}} &= 1880,73 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Luas las tumpul

$$\begin{aligned}
 A_{\text{las}} &= t_e \times b_{\text{kolom}} \\
 &= 2,5 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} \\
 &= 175 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$\begin{aligned}
 f_{\text{total}} &= \frac{P_u}{A_{\text{las}}} \\
 &= \frac{60767 \text{ kg}}{175 \text{ cm}^2} \\
 &= 347,24 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kapasitas las

$$\begin{aligned}
 f_{\text{total}} &\leq f_{u \text{ min}} \\
 347,24 \text{ kg/cm}^2 &< 1880,73 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

e. Sambungan pada diaphragm plate dengan sayap balok

- Jarak baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.3, Pasal J3.4, Pasal J3.5*)

Jarak antar baut (S)

$$3d_b \leq S \leq 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm}$$

$$3 \times 27 \text{ mm} \leq S \leq 24 \times 17 \text{ mm atau } 305 \text{ mm}$$

$$81 \text{ mm} < 85 \text{ mm} < 408 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Jarak baut ke tepi ( $S_1$ )

$$34 \leq S_1 \leq 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$34 \leq S_1 \leq 12 \times 15 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$34 \text{ mm} < 35 \text{ mm} < 180 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Maka jarak antar baut yang digunakan adalah  $S = 85 \text{ mm}$  dan jarak baut ke tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$ .

- Sambungan baut dengan sayap balok induk

a. Kuat geser baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.6*)

$$m = 1$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\emptyset R_n = \emptyset (F_{nv} \times A_b \times m)$$

$$= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 5,73 \text{ cm}^2 \times 1)$$

$$= 20004,42 \text{ kg}$$

b. Kuat tumpu baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.10*)

$$l_c = S_1 - \frac{d}{2}$$

$$= 35 \text{ mm} - \frac{27 \text{ mm}}{2}$$

$$= 21,5 \text{ mm}$$

$$= 2,15 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\emptyset R_{n1} = \emptyset (1,2 \times l_c \times t \times f_u)$$

$$= 0,75 \times (1,2 \times 2,15 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \times 4179,41)$$

$$= 20217,89 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_{n2} = \emptyset (2,4 \times d \times t \times f_u)$$

$$= 0,75 \times (2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \times 4179,41)$$

$$= 34530,28 \text{ kg}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\phi R_{n1}$  dan  $\phi R_{n2}$  maka, dipakai nilai kuat tumpu = 20217,89 kg

- Kuat nominal  
Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\phi R_n = 20004,42 \text{ kg}$
- Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{273245,8 \text{ kg}}{20004,42 \text{ kg}} = 13,66 \approx 14 \text{ buah (untuk 2 sisi)}$$

- Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok anak

1. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)

$$\begin{aligned} L_{\text{pelat}} &= (2 \times S_1 + (n-1) \times S) \times 1,5 \\ &= (2 \times 35 \text{ mm} + (14/2-1) \times 85 \text{ mm}) \times 1,5 \\ &= 870 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 \\ &= 2 \times 35 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk pelelehan geser dari elemen

$$\begin{aligned} A_{gv} &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 870 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \\ &= 21750 \text{ mm}^2 \\ &= 217,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\phi = 1$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 217,5 \text{ cm}^2) \\ &= 332568,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 273245,8 \text{ kg} &\leq 332568,8 \text{ kg} \times 1 \\ 273245,8 \text{ kg} &< 332568,8 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$\begin{aligned} L_{nv} &= L_{\text{pelat}} - (n - D \text{ lubang}) \\ &= 870 \text{ mm} - (7 \times 27 \text{ mm}) \\ &= 660 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 660 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \\
 &= 16500 \text{ mm}^2 = 165 \text{ cm}^2 \\
 \phi &= 0,75 \\
 \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 165 \text{ cm}^2) \\
 &= 310321,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

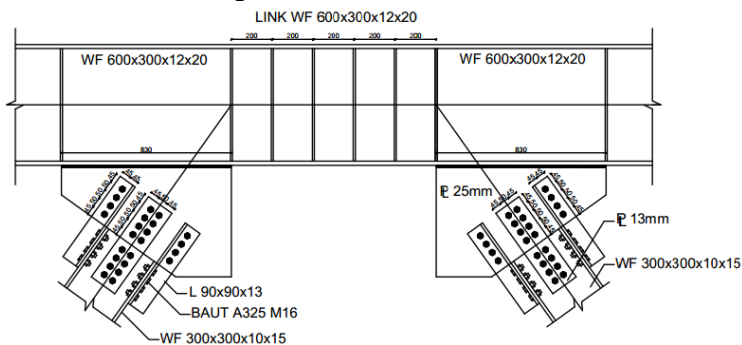
Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\
 273245,8 \text{ kg} &\leq 310321,1 \text{ kg} \times 1 \\
 273245,8 \text{ kg} &< 310321,1 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

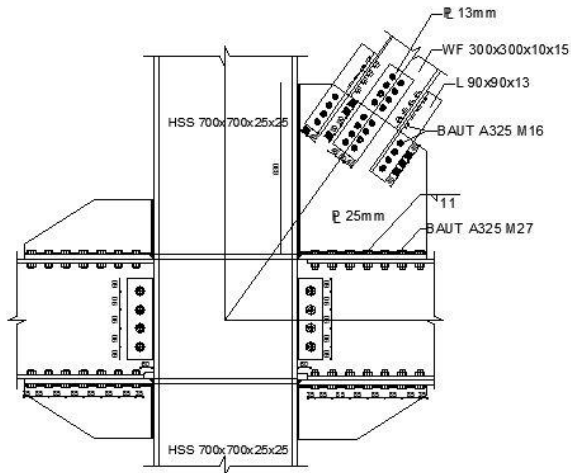
### 6.6.6 Sambungan Bresing

Kuat perlu sambungan batang bresing ke balok berdasarkan peraturan SNI 1729:2015 harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu  $1,25 \cdot R_y \cdot V_n$ . Dimana  $V_n$  adalah kuat geser nominal *link* yang diambil dari nilai terkecil antara  $V_p$  dengan  $\frac{2M_p}{e}$ . Dari perhitungan *link* diperoleh nilai  $V_n = 100550,46 \text{ kg}$ . Maka kuat geser perlu ( $V_u$ ) perumusannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \times R_y \times V_n \\
 &= 1,25 \times 1,5 \times 100550,46 \text{ kg} \\
 &= 188532,11 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 6. 28 Sambungan Bresing-*Link*



Gambar 6. 29 Sambungan Bresing-Balok-Kolom CFT  
700x700x25x25

Kolom : HSS 700 x 700 x 25 x 25

H kolom : 4,2 m

Balok luar *link* : WF 600 x 300 x 12 x 17

L balok : 5,65 m

Bresing : WF 300 x 300 x 10 x 15

$\alpha$  : 54,46

$d_{\text{bresing}}$  : 300 mm

$b_f$  : 300 mm

$A$  : 119,8 cm<sup>2</sup>

Tebal pelat,  $t_p$  : 8 mm

Baut :

Mutu = A 325

$\phi_{\text{baut}}$  = M16 = 1,6 cm

$A_{\text{baut}}$  = 201,06 mm<sup>2</sup> = 2,01 cm<sup>2</sup>

$F_{nv}$  = 457 MPa = 4658,51 kg/cm<sup>2</sup>

(Tabel J3.2 SNI 1729:2015)

D lubang = 27 mm

(Tabel J3.3 SNI 1729:2015)

$$\begin{aligned}
 m &= 2 \\
 \text{Single pelat, } t &= 13 \text{ mm} \\
 \text{Las : sudut} \\
 \text{Mutu las} &= F_{E90XX} \\
 f_{yw} &= 90 \times 70,33 \\
 &= 6329,7 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Ukuran minimum las} &= 8 \text{ mm (SNI 1729:2015, Pasal J2.4)} \\
 \text{Ukuran maksimum las} &= 11 \text{ mm (SNI 1729:2015, Pasal J2.2b)} \\
 \text{Dipakai } t_e &= 11 \text{ mm} = 1,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

a. Gaya pada bresing

- Gaya pada 1 sayap

$$\begin{aligned}
 P_{uf} &= \frac{P_u \times B_f \times t_f}{A} \\
 &= \frac{188532,11 \times 30 \times 1,5}{119,8} \\
 &= 70817,57 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya pada badan

$$\begin{aligned}
 P_{uw} &= P_u - 2P_{uf} \\
 &= 188532,11 \text{ kg} - 2 \times 70817,57 \text{ kg} \\
 &= 46896,97 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Sambungan geser pada sayap balok

- Jarak baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.3, Pasal J3.4, Pasal J3.5)

Jarak antar baut (S)

$$\begin{aligned}
 3d_b &\leq S &\leq 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 3 \times 16 \text{ mm} &\leq S &\leq 24 \times 13 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 48 \text{ mm} &< 50 \text{ mm} &< 312 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jarak baut ke tepi (S<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned}
 22 &\leq S_1 &\leq 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm} \\
 22 &\leq S_1 &\leq 12 \times 13 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 22 \text{ mm} &< 45 \text{ mm} &< 156 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Maka jarak antar baut yang digunakan adalah  $S = 50 \text{ mm}$  dan jarak baut ke tepi  $S_1 = 45 \text{ mm}$ .

- Kuat geser baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.6*)
 
$$\begin{aligned}
 m &= 1 \\
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset R_n &= \emptyset (F_{nv} \times A_b \times m) \\
 &= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1) \\
 &= 7024,87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$
- Kuat tumpu baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.10*)
 
$$\begin{aligned}
 l_c &= S_1 - d \\
 &= 50 \text{ mm} - 16 \text{ mm} \\
 &= 34 \text{ mm} \\
 &= 3,4 \text{ cm} \\
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset R_{n1} &= \emptyset (1,2 \times l_c \times t \times f_u) \\
 &= 0,75 \times (1,2 \times 3,4 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \times 4179,41) \\
 &= 16625,7 \text{ kg} \\
 \emptyset R_{n2} &= \emptyset (2,4 \times d \times t \times f_u) \\
 &= 0,75 \times (2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \times 4179,41) \\
 &= 15647,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\emptyset R_{n1}$  dan  $\emptyset R_{n2}$  maka, diapakai nilai kuat tumpu = 15647,7 kg
- Kuat nominal
 

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\emptyset R_n = 7024,87 \text{ kg}$
- Jumlah baut
 
$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_u}{\emptyset R_n} \\
 &= \frac{70817,57 \text{ kg}}{7024,87 \text{ kg}} \\
 &= 10,08 \approx 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$
- Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok anak
  1. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)
 
$$\begin{aligned}
 L_{pelat} &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S \\
 &= 2 \times 45 \text{ mm} + (12/2-1) \times 50 \text{ mm} = 340 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 \\
 &= 2 \times 45 \text{ mm} \\
 &= 90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Untuk pelelehan geser dari elemen

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 340 \text{ mm} \times 13 \text{ mm} \\
 &= 4420 \text{ mm}^2 = 44,2 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\phi = 1$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\
 &= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 44,2 \text{ cm}^2) \\
 &= 67584,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\
 70817,6 \text{ kg} &\leq 67584,1 \text{ kg} \times 2 \\
 70817,6 \text{ kg} &< 135168,2 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$\begin{aligned}
 L_{nv} &= L_{\text{pelat}} - (n - D \text{ lubang}) \\
 &= 340 \text{ mm} - (12/2 \times 27 \text{ mm}) \\
 &= 178 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 178 \text{ mm} \times 13 \text{ mm} \\
 &= 2314 \text{ mm}^2 = 23,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 23,14 \text{ cm}^2) \\
 &= 43520,18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\
 70817,57 \text{ kg} &\leq 43520,18 \text{ kg} \times 2 \\
 70817,57 \text{ kg} &< 87040,37 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

## c. Sambungan geser pada pelat buhul

- Jarak baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.3, Pasal J3.4, Pasal J3.5*)

Jarak antar baut (S)

$$\begin{array}{llll} 3d_b & \leq & S & \leq 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\ 3 \times 16 \text{ mm} & \leq & S & \leq 24 \times 13 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ 48 \text{ mm} & < & 50 \text{ mm} & < 240 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK} \end{array}$$

Jarak baut ke tepi ( $S_1$ )

$$\begin{array}{llll} 22 & \leq & S_1 & \leq 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm} \\ 22 & \leq & S_1 & \leq 12 \times 13 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ 22 \text{ mm} & < & 45 \text{ mm} & < 156 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK} \end{array}$$

Maka jarak antar baut yang digunakan adalah  $S = 50 \text{ mm}$  dan jarak baut ke tepi  $S_1 = 45 \text{ mm}$ .

- Kuat geser baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.6*)

$$m = 2$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\emptyset R_n = \emptyset (F_{nv} \times A_b \times m)$$

$$= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 2)$$

$$= 14049,74 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.10*)

$$\begin{aligned} l_c &= S_1 - d \\ &= 50 \text{ mm} - 16 \text{ mm} \\ &= 34 \text{ mm} \\ &= 3,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_{n1} &= \emptyset (1,2 \times l_c \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (1,2 \times 3,4 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \times 4179,41) \\ &= 16625,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_{n2} &= \emptyset (2,4 \times d \times t \times f_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm} \times 4179,41) \\ &= 12036,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\emptyset R_{n1}$  dan  $\emptyset R_{n2}$  maka, diapakai nilai kuat tumpu = 12036,69 kg

- Kuat nominal  
Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\phi R_n = 12036,69 \text{ kg}$
- Jumlah baut
 
$$n = \frac{V_u}{\phi R_n}$$

$$= \frac{70817,57 \text{ kg}}{12036,69 \text{ kg}}$$

$$= 5,88 \approx 6 \text{ buah}$$
- Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok anak
  1. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)
 
$$L_{\text{pelat}} = 2 \times S_1 + (n-1) \times S$$

$$= 2 \times 45 \text{ mm} + (12/2-1) \times 50 \text{ mm} = 340 \text{ mm}$$

$$B_{\text{pelat}} = 2 \times S_1$$

$$= 2 \times 45 \text{ mm}$$

$$= 90 \text{ mm}$$
  - Untuk pelelehan geser dari elemen
 
$$A_{gv} = L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}}$$

$$= 340 \text{ mm} \times 13 \text{ mm}$$

$$= 4420 \text{ mm}^2 = 44,2 \text{ cm}^2$$

$$\phi = 1$$

$$\phi R_n = \phi (0,6 \times f_y \times A_{gv})$$

$$= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 44,2 \text{ cm}^2)$$

$$= 67584,1 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$V_u \leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat}$$

$$70817,6 \text{ kg} \leq 67584,1 \text{ kg} \times 2$$

$$70817,6 \text{ kg} < 135168,2 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$
  - Untuk keruntuhan geser dari elemen
 
$$L_{nv} = L_{\text{pelat}} - (n - D \text{ lubang})$$

$$= 340 \text{ mm} - (12/2 \times 27 \text{ mm})$$

$$= 178 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 178 \text{ mm} \times 13 \text{ mm} \\
 &= 2314 \text{ mm}^2 = 23,14 \text{ cm}^2 \\
 \phi &= 0,75 \\
 \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 23,14 \text{ cm}^2) \\
 &= 43520,18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\
 70817,57 \text{ kg} &\leq 43520,18 \text{ kg} \times 2 \\
 70817,57 \text{ kg} &< 87040,37 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

d. Sambungan geser pada badan balok

- Jarak baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.3, Pasal J3.4, Pasal J3.5*)

Jarak antar baut (S)

$$\begin{aligned}
 3d_b &\leq S \leq 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 3 \times 16 \text{ mm} &\leq S \leq 24 \times 13 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 48 \text{ mm} &< 50 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Jarak baut ke tepi ( $S_1$ )

$$\begin{aligned}
 22 &\leq S_1 \leq 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm} \\
 22 &\leq S_1 \leq 12 \times 13 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 22 \text{ mm} &< 45 \text{ mm} < 156 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Maka jarak antar baut yang digunakan adalah  $S = 50 \text{ mm}$  dan jarak baut ke tepi  $S_1 = 45 \text{ mm}$ .

- Sambungan baut dengan balok induk
- a. Kuat geser baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.6*)

$$\begin{aligned}
 m &= 2 \\
 \phi &= 0,75 \\
 \phi R_n &= \phi (F_{nv} \times A_b \times m) \\
 &= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 2) \\
 &= 14049,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



b. Kuat tumpu baut (*SNI 1729:2015, Pasal J3.10*)

$$\begin{aligned}
 l_c &= S_1 - d \\
 &= 50 \text{ mm} - 16 \text{ mm} \\
 &= 34 \text{ mm} \\
 &= 3,4 \text{ cm} \\
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset R_{n1} &= \emptyset (1,2 \times l_c \times t \times f_u) \\
 &= 0,75 \times (1,2 \times 3,4 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \times 4179,41) \\
 &= 16625,69 \text{ kg} \\
 \emptyset R_{n2} &= \emptyset (2,4 \times d \times t \times f_u) \\
 &= 0,75 \times (2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \times 4179,41) \\
 &= 14444,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\emptyset R_{n1}$  dan  $\emptyset R_{n2}$  maka, diapakai nilai kuat tumpu = 14444,04 kg

- Kuat nominal  
Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\emptyset R_n = 14049,74 \text{ kg}$
- Jumlah baut  

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_u}{\emptyset R_n} \\
 &= \frac{46896,97 \text{ kg}}{14049,74 \text{ kg}} \\
 &= 3,34 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Kontrol elemen terpengaruh penyambung pada balok anak

2. Kuat elemen dalam geser (*SNI 1729:2015, Pasal J4.2*)

$$\begin{aligned}
 L_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S \\
 &= 2 \times 45 \text{ mm} + (4-1) \times 50 \text{ mm} \\
 &= 240 \text{ mm} \\
 B_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 \\
 &= 2 \times 45 \text{ mm} \\
 &= 90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Untuk pelelehan geser dari elemen

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 240 \text{ mm} \times 13 \text{ mm} = 3120 \text{ mm}^2 = 31,2 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\emptyset = 1$$

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 2548,42 \text{ kg/cm}^2 \times 31,2 \text{ cm}^2) \\ &= 47706,42 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}V_u &\leq \emptyset R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 46896,97 \text{ kg} &\leq 47706,42 \text{ kg} \times 2 \\ 46896,97 \text{ kg} &< 95412,84 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}\end{aligned}$$

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$\begin{aligned}L_{nv} &= L_{\text{pelat}} - (n - D \text{ lubang}) \\ &= 240 \text{ mm} - (4 \times 27 \text{ mm}) \\ &= 132 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 132 \text{ mm} \times 13 \text{ mm} \\ &= 1716 \text{ mm}^2 = 17,16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 1 \times (0,6 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2 \times 17,16 \text{ cm}^2) \\ &= 32273,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}V_u &\leq \emptyset R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 46896,97 \text{ kg} &\leq 32273,4 \text{ kg} \times 2 \\ 46896,97 \text{ kg} &< 64546,8 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK}\end{aligned}$$

c. Sambungan las sudut pada buhul dan balok

Kuat nominal las

$$\begin{aligned}\text{Mutu las} &= F_{E100XX} \\ &= 100 \times 70,33 \\ &= 7033 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0,6 \times F_{E100XX} \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \times 7033 \text{ kg/cm}^2 \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$l_w \text{ pelat} = 83 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\begin{aligned}
\emptyset R_{nw} &= \emptyset (F_{nw} \times l_w) \\
&= 0,75 \times (4219,8 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \text{ cm}) \\
&= 262683,55 \text{ kg/cm} \\
\alpha &= 54,46^\circ \\
\cos \alpha &= 0,5812 \\
\sin \alpha &= 0,8137 \\
P_{uh} &= P_u \times \cos \alpha \\
&= 188532,11 \times 0,5812 \\
&= 109582,06 \text{ kg} \\
P_{uv} &= P_u \times \sin \alpha \\
&= 188532,11 \times 0,8137 \\
&= 153414,89 \text{ kg} \\
P_{\text{total}} &= \sqrt{P_{uh}^2 + P_{uv}^2} \\
&= \sqrt{109582,06^2 + 153414,89^2} \\
&= 188532,11 \text{ kg} \\
t_e &= \frac{P_{\text{total}}}{\emptyset R_{nw}} \\
&= \frac{188532 \text{ kg}}{262682,55 \text{ kg/cm}} \\
&= 0,72 \text{ cm} \\
a &= \frac{t_e}{0,707} \\
&= \frac{0,72 \text{ cm}}{0,707} \\
&= 1,01516 \text{ cm} = 10,1516 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka, dipakai  $a = 11 \text{ mm}$

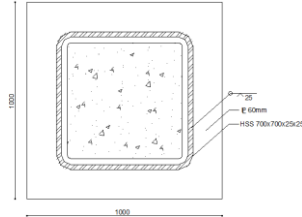
### 6.6.7 Sambungan Kolom CFT 700x700x25x25-Base Plate

Perencanaan base plate digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal untuk kemudian beban disalurkan melalui pedestal menuju ke pondasi. Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban

seismik akibat komponen vertikal pada kolom lantai dasar.  
Sambungan yang digunakan adalah tipe las  $F_{E90XX}$ .

Output SAP :

$$\begin{array}{ll} M_{ux} &= 69203,94 \text{ kg.m} & P_u &= 834203,3 \text{ kg} \\ M_{uy} &= 85384,27 \text{ kg.m} & V_u &= 18839,46 \text{ kg} \end{array}$$



Gambar 6. 30 Sambungan Las Pada Baseplate

Kolom CFT = HSS 700 x 700 x 25 x 25

Base plate :

$$H_{\text{base plate}} = 1000 \text{ mm} = 100 \text{ cm}$$

$$B_{\text{base plate}} = 1000 \text{ mm} = 100 \text{ cm}$$

$$tp_{\text{base plate}} = 60 \text{ mm} = 6 \text{ cm}$$

Baut :

$$\text{Mutu} = A 325$$

$$\phi_{\text{baut}} = M24 = 2,4 \text{ cm}$$

$$A_{\text{baut}} = 452,39 \text{ mm}^2 = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$F_{nv} = 457 \text{ Mpa} = 4658,51 \text{ kg/cm}^2$$

(Tabel J3.2 SNI 1729:2015)

$$D \text{ lubang} = 27 \text{ mm}$$

(Tabel J3.3 SNI 1729:2015)

$$m = 1$$

Las = tumpul penetrasi penuh

Mutu las =  $F_{E90XX}$

$$F_{yw} = 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 = 6329,7 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal pelat = 30 mm

t kolom = 25 mm

$t_{\text{las pakai}}$  = 2,5 cm

$L_{\text{pelat}}$  = keliling kolom

$$= 4 \times 70 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 280 \text{ cm} \\
 A_{\text{las}} &= L_{\text{pelat}} \times t_{\text{e pakai}} \\
 &= 280 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \\
 &= 700 \text{ cm}^2 \\
 S_x = S_y &= \frac{b \times d^3 - (b - 2(t_f + r)) \times h^3}{6d} \\
 &= \frac{70 \times 70^3 - (70 - 2(2,5 + 7,5)) \times 50^3}{6 \times 70} \\
 &= 42285,71 \text{ cm}^3 \\
 f_u \text{ las} &= \emptyset (0,6 \times f_{yw}) \\
 &= 0,75 (0,6 \times 6329,7 \text{ kg/cm}^2) = 2848,37 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_u \text{ baja} &= \emptyset (0,9 \times f_u) \\
 &= 0,75 (0,9 \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2) = 2821,10 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

a. Perencanaan sambungan pada baseplate

Gaya akibat Pu

$$\begin{aligned}
 F_v &= \frac{P_u}{A_{\text{las}}} + \frac{M_{ux}}{S_x} + \frac{M_{uy}}{S_y} \\
 &= \frac{834203,3}{700} + \frac{69203,94}{42285,71} + \frac{85384,27}{42285,71} \\
 &= 1557,30 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_v &\leq f_u \\
 1557,30 \text{ kg/cm}^2 &< 2821,10 \text{ kg/cm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Gaya akibat Vu

$$\begin{aligned}
 F_{hx} &= \frac{V_{ux}}{A_{\text{las}}} & F_{hy} &= \frac{V_{uy}}{A_{\text{las}}} \\
 &= \frac{18839,46}{700} & &= \frac{16334,89}{700} \\
 &= 26,91 \text{ kg/cm}^2 & &= 23,34 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{h \text{ total}} &= \sqrt{f_{hx}^2 + f_{hy}^2} \\
 &= \sqrt{26,91^2 + 23,34^2} \\
 &= 35,62 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_h &\leq f_u
 \end{aligned}$$

$$35,62 \text{ kg/cm}^2 < 2821,1 \text{ kg/cm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

d. Cek kemampuan las

$$f_{\text{total}} \leq 1$$

$$\left( \frac{F_v}{f_{u \text{ las}}} \right)^2 + \left( \frac{F_h}{f_{u \text{ las}}} \right)^2 \leq 1$$

$$\left( \frac{1557,3}{2821,1} \right)^2 + \left( \frac{35,62}{2821,1} \right)^2 \leq 1$$

$$0,3 < 1 \quad \rightarrow \text{OK}$$

b. Perhitungan baseplate

Cek eksentrisitas gaya

$$e_x = \frac{M_u}{P_u} = \frac{80881,92}{834203,30} = 0,1042 \text{ m} = 10,24 \text{ cm}$$

$$\frac{H}{6} = \frac{1000}{6}$$

$$= 166,67 \text{ mm}$$

$$= 16,67 \text{ cm}$$

$e_x < H/6$ , maka tidak terjadi tarik sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis)

Direncanakan menggunakan angkur diameter 24 mm = 2,4 cm

$w_e$  = jarak baut ke tepi

$$= 2 \times \text{diameter}$$

$$= 2 \times 2,4 \text{ cm} = 4,8 \text{ cm}$$

$c_1$  = jarak minimum untuk kunci

$$= 27/16 \times \text{diameter}$$

$$= 27/16 \times 2,4 \text{ cm}$$

$$= 4,05 \text{ cm}$$

$h'$  =  $w_e + c_1$

$$= 4,8 \text{ cm} + 4,05 \text{ cm}$$

$$= 8,85 \text{ cm}$$

$h$  >  $H - 0,5h'$

$$> 1000 - 0,5 \times 88,5 \text{ mm}$$

$$> 955,75 \text{ cm}$$

$B$  = 1000 cm

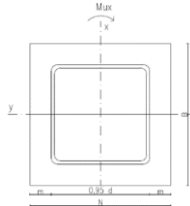
Dimensi beton

$$H = 1100 \text{ mm}$$

$$B = 1100 \text{ mm}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{1100 \times 1100}{1100 \times 1100}} = 1,1$$

- Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 6. 31 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate  
Akibat beban Pu :

$$\begin{aligned} f_{pa} &= \frac{P_u}{B \cdot N} \\ &= \frac{834203,30}{1000 \times 1000} \\ &= 0,8342 \text{ kg/mm}^2 = 83,42 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat Mux

$$\begin{aligned} f_{pb} &= \frac{6 M_{ux}}{B \cdot N^2} \\ &= \frac{6 \times 69203,94}{100 \times 100^2} \\ &= 41,52 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tekanan maksimal

$$\begin{aligned} f_{pmax} &= f_{pa} + f_{pb} \\ &= 83,42 \text{ kg/cm}^2 + 41,52 \text{ kg/cm}^2 = 124,94 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tekanan yang diterima kolom beton

$$\begin{aligned} f_{p \text{ avail}} &= \phi \times 0,85 \times f'_c \\ &= 0,9 \times 0,85 \times 305,81 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 233,95 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$m = \frac{H - 0,95D}{2}$$

$$= \frac{1000 - 0,95 \times 700}{2}$$

$$= 167,5 \text{ mm}$$

$$= 16,75 \text{ cm}$$

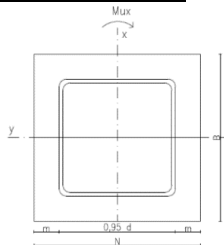
$$N = H = 100 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{upl}} &= (f_{p(\text{max})} - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N}) \times \left(\frac{m^2}{2}\right) + (2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N}) \times \left(\frac{m^2}{3}\right) \\ &= (124,94 - 2 \times 41,52 \times \frac{16,75}{100}) \times \left(\frac{16,75^2}{2}\right) + (2 \times 41,52 \\ &\quad \times \frac{16,75}{100}) \times \left(\frac{16,75^2}{3}\right) \\ &= 16876,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menentukan tebal baseplate

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{4 M_{\text{upl}}}{\phi f_y}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 16876,7}{0,9 \times 2548,42}} \\ &= 5,43 \text{ cm} \\ &= 54,3 \text{ mm dipakai } t_p = 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Perencanaan akibat beban sumbu Y



Gambar 6. 32 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate

Akibat beban Pu :



$$\begin{aligned}
 f_{pa} &= \frac{P_u}{B N} \\
 &= \frac{834203,30}{1000 \times 1000} \\
 &= 0,8342 \text{ kg/mm}^2 = 83,42 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Akibat Muy

$$\begin{aligned}
 f_{pb} &= \frac{6 M_{uy}}{B N^2} \\
 &= \frac{6 \times 80881,92}{100 \times 100^2} \\
 &= 51,23 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan maksimal

$$\begin{aligned}
 f_{pmax} &= f_{pa} + f_{pb} \\
 &= 83,42 \text{ kg/cm}^2 + 51,23 \text{ kg/cm}^2 = 134,65 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan yang diterima kolom beton

$$\begin{aligned}
 f_{p \text{ avail}} &= \phi \times 0,85 \times f'_c \\
 &= 0,9 \times 0,85 \times 305,81 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 233,95 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{H - 0,95D}{2} \\
 &= \frac{1000 - 0,95 \times 700}{2} \\
 &= 167,5 \text{ mm} = 16,75 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$N = H = 100 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{upl} &= (f_{p(max)} - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N}) \times (\frac{m^2}{2}) + (2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N}) \times (\frac{m^2}{3}) \\
 &= (134,65 - 2 \times 51,23 \times \frac{16,75}{100}) \times (\frac{16,75^2}{2}) + \\
 &\quad (2 \times 51,23 \times \frac{16,75}{100}) \times (\frac{16,75^2}{3}) \\
 &= 18086,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menentukan tebal baseplate

$$\begin{aligned}
 t &= \sqrt{\frac{4 M_{upl}}{\phi f_y}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 18086,5}{0,9 \times 2548,42}} \\
 &= 5,62 \text{ cm} \\
 &= 56,2 \text{ mm dipakai } t_p = 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Perencanaan pelat pengaku

$$\begin{aligned}
 t_s &> 0,5 \text{ t}_{pelat} \\
 &> 0,5 \times 25 \text{ mm} \\
 &> 12,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$t_s \text{ pakai} = 20 \text{ mm}$$

d. Perencanaan angkur praktis

1. Kuat geser baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.6)

$$m = 1$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi R_n = \phi (F_{nv} \times A_b \times m)$$

$$= 0,75 \times (4658,51 \text{ kg/cm}^2 \times 4,52 \text{ cm}^2 \times 1)$$

$$= 15805,96 \text{ kg}$$

2. Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015, Pasal J3.10)

$$l_c = 75 - 0,5 \times 27 \text{ mm} = 61,5 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi R_{n1} = \phi (1,2 \times l_c \times t \times f_u)$$

$$= 0,75 \times (1,2 \times 61,5 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2)$$

$$= 138798,17 \text{ kg}$$

$$\phi R_{n2} = \phi (2,4 \times d \times t \times f_u)$$

$$= 0,75 \times (2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} \times 4179,41 \text{ kg/cm}^2)$$

$$= 162495,4 \text{ kg}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara  $\phi R_{n1}$  dan  $\phi R_{n2}$  maka, diapakai nilai kuat tumpu = 138798,17 kg

3. Kuat nominal

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser baut dan kuat tumpu baut. Sehingga  $\phi R_n = 15805,96 \text{ kg}$

4. Jumlah baut

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_u}{\phi R_n} \\
 &= \frac{18839.46 \text{ kg}}{15805,96 \text{ kg}} \\
 &= 1,19 \approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

5. Panjang baut angkur

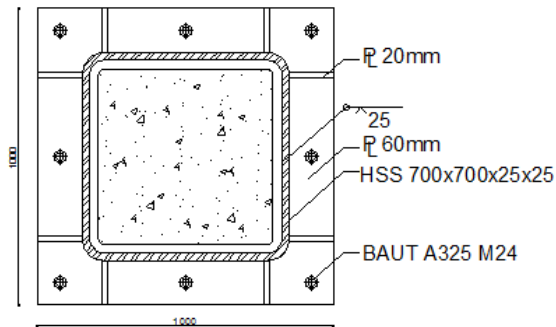
$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \times \sqrt{f'_c}}$$

$$\begin{aligned}
 l_d &= \frac{3 \times 250 \times 1 \times 1 \times 1 \times 24}{5 \times \sqrt{30}} \\
 &= 657,27 \text{ mm} \\
 &= 65,72 \text{ cm dipasang } 70 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 6. 33 Sambungan Las Kolom Dengan Baseplate



*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH**

#### **7.1 Umum**

Pondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar atau konstruksi yang berfungsi menopang bangunan yang ada di atasnya untuk diteruskan secara merata ke lapisan tanah.

Secara umum terdapat dua macam pondasi yaitu Pondasi Dangkal (*Shallow Foundations*) dan Pondasi Dalam (*Deep Foundations*). Yang termasuk dalam pondasi dangkal ialah pondasi memanjang, pondasi tapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan yang termasuk dalam pondasi dalam ialah pondasi tiang pancang (*pile*), pondasi dinding diafragma, pondasi crucuk, dan pondasi caissons. Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan pondasi jenis tiang pancang jenis *pencil pile shoe* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton.

#### **7.2 Data Tanah**

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat akan dibangunnya gedung. Dengan adanya penyelidikan tanah maka dapat diketahui dan direncanakannya kekuatan tanah dalam menahan beban yang akan disalurkan atau yang lebih dikenal dengan daya dukung tanah terhadap beban pondasi.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data penyelidikan tanah di daerah kota Padang yang dianggap dapat mewakili kondisi tanah pada proyek pembangunan gedung perkantoran ini. Data tanah yang telah tersedia dilapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test ( SPT ) yang dapat dilihat pada bagian lampiran.

#### **7.3 Perencanaan Pondasi**

Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat

berongga (*Round Hollow*) dari produk PT. WIKA Beton dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Diameter tiang = 600 mm
- Tebal tiang = 100 mm
- Klasifikasi = A1
- *Croncrete cross section* = 1570 cm<sup>2</sup>
- Berat = 393 kg/m
- Panjang = 6 – 16 m
- *Blending moment crack* = 17 tm
- *Blending moment ultimate* = 25,5 tm
- *Allowable axial load* = 252,7 tm

#### 7.4 Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah pondasi tiang pancang ditentukan berdasarkan dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total tanah merupakan penjumlahan dari keduanya.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Selain memperhitungkan daya dukung akibat kekuatan tanah dimana pondasi tiang tersebut ditanam, perhitungan daya dukung juga harus meninjau kekuatan bahan yang dapat dibagi menjadi dua jenis perhitungan yaitu perhitungan daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok.

Data SPT yang digunakan sebagai dasar perhitungan daya dukung tanah tidak dapat langsung digunakan. Melainkan harus diolah terlebih dahulu dengan cara melakukan beberapa koreksi terhadap nilai  $N_{SPT}$ . Koreksi yang dilakukan antara lain :

##### 1. Koreksi terhadap muka air

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$  :

- a.  $N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15)$
- b.  $N_1 = 0,6 N$

Dari kedua nilai  $N_1$  di atas, dipilih nilai yang terkecil.

## 2. Koreksi terhadap *Overburden*

Nilai  $N_1$  yang digunakan, dikoreksi kembali untuk pengaruh tekanan tanah vertikal.

$$N_2 = \frac{4 N_1}{1 + 0,4 P_o} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4 N_1}{3,25 + 0,1 P_o} \text{ untuk } P_o > 7,5 \text{ ton}$$

### 7.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) pada kedalaman 36 m.

- $Q_u = Q_p + Q_s$
- $Q_p = q_p \times A_p$   
 $= C_n \times A_{ujung}$

Dimana :

$q_p$  = tegangan ujung tiang

$C_n = 40 \text{ N}$

$N$  = Harga rata-rata  $N_2$  di sekitar 8D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi (terlampir)

$$= \frac{14,42 + 19,27 + 5,12 + 17,8 + 5,42 + 12,73 + 22,59 + 21,9 + 22,73}{9}$$

$$= 15,78$$

$C_n = 40 \text{ N}$

$$= 40 \times 15,78$$

$$= 631,06$$

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$$= \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (0,6 \text{ m})^2$$

$$= 0,283 \text{ m}^2$$

$Q_p = C_n \times A_{ujung}$

$$= 631,06 \times 0,283 \text{ m}^2$$

$$= 178,43 \text{ ton}$$



$$\begin{aligned}
 - \quad Q_s &= q_s \times A_s \\
 &= \sum C_{li} \times A_{si}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$q_s$  = tegangan akibat tekanan lateral (ton/m<sup>2</sup>)

$C_{li}$  = hambatan geser selimut tiang pada segmen i

$C_{li}$  = fsi

= N/2 ton/m<sup>2</sup> untuk tanah lempung

$$= \frac{17,8}{2}$$

$$= 8,90$$

$A_{si}$  = luas selimut tiang pada segmen i =  $O_i \times h_i$

$O_i$  = keliling tiang

$A_s = \pi \times D \times L$

$$= \pi \times 0,6 \text{ m} \times 36 \text{ m}$$

$$= 67,89 \text{ m}^2$$

$Q_s = q_s \times A_s$

$$= C_{li} \times A_{si}$$

$$= 8,90 \times 67,89 \text{ m}^2$$

$$= 603,90 \text{ ton}$$

Maka, daya dukung 1 tiang pancang :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 178,43 \text{ ton} + 603,90 \text{ ton}$$

$$= 782,33 \text{ ton}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ijin 1 tiang}} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{782,33 \text{ ton}}{3} \\
 &= 260,78 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dimana :

SF = *Safety factor* = 3

N = harga SPT

#### 7.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi  $C_e$

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L \text{ 1 tiang}} \times n \times C_e$$

Dimana :

$n$  = jumlah tiang dalam group

Perhitungan Koefisien  $C_e$  menggunakan perumusan Converse – Laberre sebagai berikut :

$$E_k = 1 - \theta \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Dimana :

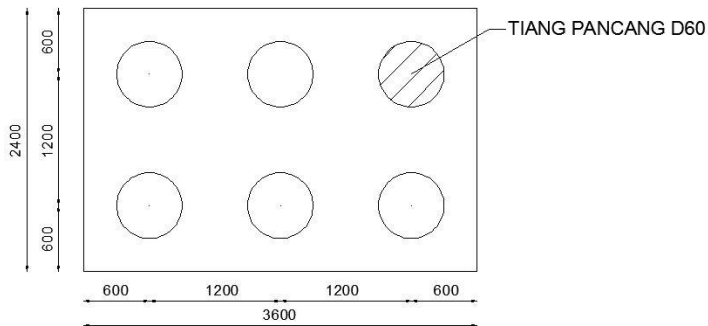
$D$  = diameter tiang pancang

$s$  = jarak antar tiang pancang

$m$  = jumlah baris tiang pancang dalam grup

$n$  = jumlah kolom tiang pancang dalam grup

$\theta$  = Arc tg  $D/s$  (dalam derajat)



Gambar 7. 1 Pondasi Tiang Pancang

Berdasarkan konfigurasi pile cap tipe 1 di atas, diketahui data-data sebagai berikut :

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$S_1 = 1,1 \text{ m}$$

$$m = 2$$

$$n = 3$$

Sehingga nilai efisiensinya dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_k &= 1 - \theta \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \\
 &= 1 - \text{arc tg } (D/S_1) \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \\
 &= 1 - \text{arc tg } (0,6/1,1)/90^\circ \left( 2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \\
 &= 0,629
 \end{aligned}$$

#### 7.4.3 Repetisi Beban-Beban di Atas Tiang Kelompok

Bila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalensi yang bekerja adalah :

$$P_v = \frac{P}{n} + \frac{M_y \times x_{\max}}{\sum x^2} + \frac{M_x \times y_{\max}}{\sum y^2}$$

Dimana :

$P_v$  = beban vertikal ekivalen

$V$  = beban vertikal dari kolom

$n$  = jumlah tiang dalam group

$M_x$  = momen terhadap sumbu X

=  $M_x$  kolom +  $H_y \times t_{\text{poer}}$

$M_y$  = momen terhadap sumbu Y

=  $M_y$  kolom +  $H_x \times t_{\text{poer}}$

$X_{\max}$  = absis terjauh terhadap titil berat kelompok tiang

$Y_{\max}$  = ordinat terjauh terhadap titil berat kelompok tiang

$\sum x^2$  = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

$\sum y^2$  = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

#### 7.4.4 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

Kontrol dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya, terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang

dalam group dengan cara mencoba-coba dan sesuai dengan besar pile cap. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan perhitungan dengan menggunakan group tiang pancang tipe 1.

$$\begin{aligned}
 P_{ijin} &= P_{1 \text{ tiang}} \times \text{efisiensi} \\
 &= 260,78 \text{ ton} \times 0,629 \\
 &= 164,06 \text{ ton} \\
 P &= 761418,4 \text{ kg} \\
 n &= 6 \text{ tiang} \\
 M_x &= M_x + (H_y \times t_{\text{poer}}) \\
 &= 1878,17 \text{ kg.m} + (1088,04 \text{ kg} \times 1,2 \text{ m}) \\
 &= 3183,82 \text{ kg.m} \\
 M_y &= M_y + (H_x \times t_{\text{poer}}) \\
 &= 332,76 \text{ kg.m} + (138,17 \text{ kg} \times 1,2 \text{ m}) \\
 &= 498,56 \text{ kg.m} \\
 X_{\max} &= 1,1 \text{ m} \\
 Y_{\max} &= 0,55 \text{ m} \\
 P_v &= \frac{P}{n} + \frac{M_y \times x_{\max}}{\sum x^2} + \frac{M_x \times y_{\max}}{\sum y^2} \\
 P_v &= \frac{761418,4}{12} + \frac{498,56 \times 1,1}{4,84} + \frac{3183,82 \times 0,55}{1,82} \\
 &= 127016,55 \text{ kg} \\
 &= 127,02 \text{ ton} < 164,06 \text{ ton} (P_{ijin \text{ 1 tiang}}) \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

#### 7.4.5 Kontrol Beban Maksimum Kelompok Tiang Pancang

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang. Tebal poer direncanakan 1,2 meter. Untuk daya dukung diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

##### - Daya dukung bahan

Dari tabel spesifikasi tiang pancang WIKA diperoleh daya dukung bahan tiang pancang sebesar :

$$P_{1 \text{ tiang}} = 252,7 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah

Dari perhitungan daya dukung tanah berdasarkan nilai  $N_{SPT}$  diperoleh daya dukung tanah sebesar :

$$P_{1 \text{ tiang}} = 260,78 \text{ ton}$$

Maka, daya dukung 1 tiang pondasi adalah 127,54 ton.

Perhitungan jarak tiang :

- Jarak antar tiang ( $S_1$ )

$$2D \leq S_1 \leq 2,5D$$

$$120 < S_1 \leq 150 \quad \text{dipakai } S_1 = 120 \text{ cm}$$

- Jarak tiang ke tepi ( $S_2$ )

$$1D \leq S_2 \leq 1,5D$$

$$60 < S_2 \leq 90 \quad \text{dipakai } S_2 = 60 \text{ cm}$$

Perhitungan daya dukung tiang kelompok harus dikoreksi terdapat efisiensinya sebagai berikut :

$$E_k = 0,629$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{group}} &= Q_{1 \text{ tiang}} \times n_{\text{tiang}} \\ &= 127,02 \text{ ton} \times 6 \text{ tiang} \\ &= 762,1 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{L \text{ group}} &= Q_{L \text{ 1tiang}} \times n_{\text{tiang}} \times E_k \\ &= 252,7 \text{ ton} \times 6 \times 0,629 \\ &= 953,88 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} Q_{\text{group}} &< Q_{L \text{ group}} \\ 762,1 \text{ ton} &< 953,88 \text{ ton} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

#### 7.4.6 Kontrol Kekuatan Tiang

Direncanakan tiang pancang beton dengan spesifikasi :

- Diameter tiang = 600 mm
- Tebal tiang = 100 mm
- Klasifikasi = A1
- *Blending moment crack* = 17 tm
- *Blending moment ultimate* = 25,5 tm
- *Allowable axial load* = 252,7 tm

a. Kontrol terhadap gaya aksial

Untuk tiang pancang diameter 60 cm kelas A1 pada brosur, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 252,7 ton.

$$P_{\max} = 127,02 \text{ ton} < 252,7 \text{ ton (OK)}$$

b. Kontrol terhadap gaya momen

Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam(Herman Wahyudi)”

$$M_{\max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$

$$f = \frac{H}{9 C_u d}$$

Dimana :

H = *Lateral loadmaksimum* per tiang

e = jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

D = diameter pondasi

Berdasarkan Terzhagi untuk tanah lempung berlanau  $C_u = 10$

$$N \text{ (kpa)} = 10 \times 17,80 \times 0,0102 = 1,81 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = \frac{H}{9 C_u d}$$

$$f = \frac{90,67}{9 \times 1,81 \times 60}$$

$$f = 0,09$$

$$M_{\max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$

$$= 0,09 \text{ t} \times (0 + 1,5 \times 0,6 \text{ m} + 0,5 \times 0,09) = 0,08 \text{ t.m}$$

Untuk diameter 60 cm kelas A1 pada brosur, momen tidak boleh melebihi  $M_{\text{crack}} = 17 \text{ ton.m}$ . sehingga :

$$M_{\max} = 0,08 \text{ ton.m} < M_{\text{crack}} = 17 \text{ ton.m (OK)}$$

c. Kontrol kekuatan tiang terhadap gaya lateral

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang. Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \times \left( \frac{P \times T^3}{EI} \right)$$

Keterangan :

$\delta$  = defleksi yang terjadi

$Fd$  = koefisien defleksi

$P$  = gaya lateral 1 tiang

$T$  = *relative stiffnes factor*

Jenis tiang adalah tiang pancanag tipe 1

Jumlah tiang = 6 tiang

$H_{\max}$  1 tiang = 90,67 kg

$E = 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{52} \text{ MPa}$

= 33892,18 MPa

= 345486,1 kg/cm<sup>2</sup>

$$I = \frac{\pi \times (d_2 - d_1)^2}{64} = \frac{\pi \times (60 - 10)^2}{64}$$

$$= 306796,16 \text{ cm}^4$$

$Qu = 2 \times Cu = 2 \times 1,81 = 3,63 \text{ kg/cm}^2$

$f = 18 \text{ t/ft} = 0,576 \text{ kg/cm}^3$

$$T = \left( \frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= \left( \frac{345486,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 306796,16 \text{ cm}^4}{0,576 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 179,05 \text{ cm}$$

$L = 36 \text{ m} = 3600 \text{ cm}$

$$\frac{L}{T} = \frac{3600 \text{ cm}}{179,05 \text{ cm}} = 20,11$$

Diperoleh nilai  $Fd = 0,95$

$$\delta = 0,95 \times \left( \frac{90,76 \text{ kg} \times (179,05 \text{ cm})^3}{345486,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 306796,16 \text{ cm}^4} \right)$$

$$= 0,0046 \text{ cm} < 1 \text{ inch} = 2,54 \text{ cm (OK)}$$

#### Kontrol Momen

$$F_m = 0,85$$

$$M_p = F_m \times P \times T$$

$$= 0,85 \times 0,09067 \text{ ton} \times 1,79 \text{ m}$$

$$= 0,14 \text{ ton.m}$$

$$M_p < M_{\text{crack}}$$

$$0,14 \text{ ton.m} < 17 \text{ ton.m} \quad (\text{OK})$$

### 7.4.7 Perencanaan Poer Pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data perencanaan poer :

- $P_u$  = 761418,37 kg
- $P_{\text{max 1 tiang}}$  = 127007,10 kg
- Jumlah tiang = 6 tiang
- Dimensi poer = 3,6 x 2,4 x 1,2
- Mutu beton,  $f'_c$  = 30 Mpa = 3058104 kg/m<sup>2</sup>
- Mutu baja,  $f_y$  = 410 Mpa = 41794088 kg/m<sup>2</sup>
- Diameter tulangan = 29 mm
- Selimut beton = 70 mm
- $\lambda$  beton normal = 1
- $\alpha_{\text{Skolom interior}}$  = 40
- tebal efektif,  $d_x$  =  $1200 - 70 - \frac{1}{2} \times 29 = 1115,5 \text{ mm}$
- $d_y$  =  $1200 - 70 - 29 - \frac{1}{2} \times 29 = 1086,5 \text{ mm}$

#### a. Kontrol Geser Pons

##### 1. Akibat kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal



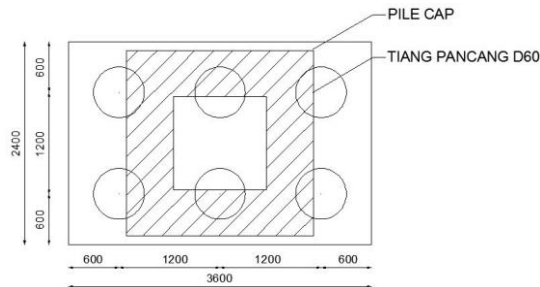
beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan *Pasal 11.11.2.1 SNI 2847:2013*.

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{b_{\text{kolom pedestal}}}{h_{\text{kolom pedestal}}} \\ &= \frac{1100}{1100} \\ &= 1\end{aligned}$$

$b_o$  = keliling penampang kritis

$$\begin{aligned}&= 2 \times (b_{\text{kolom}} + d_x) + 2 \times (h_{\text{kolom}} + d_y) \\ &= 2 \times (1100 + 1115,5) + 2 \times (1100 + 1086,5) \\ &= 8804 \text{ mm}\end{aligned}$$



Gambar 7. 2 Area Kritis Geser Akibat Kolom

Untuk pondasi tapak non-prategang nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}V_{C1} &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d_x \\ &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{30} \text{ MPa} \times 8804 \text{ mm} \times 1115,5 \text{ mm} \\ &= 27433449 \text{ N} \\ V_{C2} &= 0,333 \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d_x \\ &= 0,17 \times \sqrt{30} \text{ MPa} \times 8804 \text{ mm} \times 1115,5 \text{ mm} \\ &= 17912428,5 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{C3} &= 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d_x}{b_o} + 2 \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d_x \\
 &= 0,17 \times \left( \frac{40 \times 1115,5}{8804} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 8804 \times 1115,5 \\
 &= 31556885,7 \text{ N} \\
 V_{Cmin} &= 17912428,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 P_u - P_{u \max} &\leq \phi V_c \\
 761418,37 \text{ kg} - 127007,10 \text{ kg} &\leq 0,75 \times 17912428,5 / 9,81 \\
 634411,27 \text{ kg} &< 1461503 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukurn poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

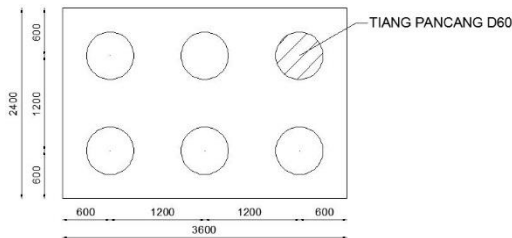
## 2. Akibat pancang

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$\begin{aligned}
 &= \frac{b_{\text{kolom pedestal}}}{h_{\text{kolom pedestal}}} \\
 &= \frac{1100}{1100} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$b_o$  = keliling penampang kritis

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{\text{tiang}} + d_x) \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (600 \text{ mm} + 1115,5 \text{ mm}) = 1347,35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 7. 3 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang

Untuk pondasi tapak non-prategang nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} V_{C1} &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d_x \\ &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{30} \text{ MPa} \times 1347,35 \times 1115,5 \text{ mm} \\ &= 4198372,63 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{C2} &= 0,333 \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d_x \\ &= 0,333 \times \sqrt{30} \text{ MPa} \times 1347,35 \times 1115,5 \text{ mm} \\ &= 2670024,19 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{C3} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d_x}{b_o} + 2\right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d_x \\ &= 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1115,5}{1347,35} + 2\right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 1347,35 \times 1115,5 \\ &= 23590805,3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{Cmin} = 2670024,19 \text{ N}$$

Kontrol :

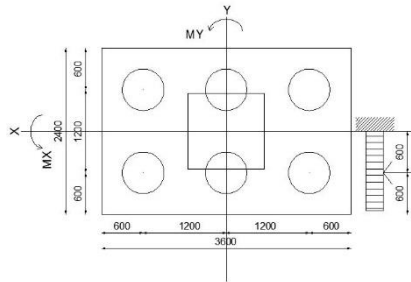
$$\begin{array}{ll} P_{u \max} & \leq \phi V_C \\ 127007,10 \text{ kg} & \leq 0,75 \times 2670024,19 / 9,81 \\ 127007,10 \text{ kg} & < 204130,3 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{OK} \end{array}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat tiang pancang.

#### b. Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

## 1. Penulangan arah X



Gambar 7. 4 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu X)

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 127,02 \text{ ton} \\
 P_{1 \text{ sisi}} &= 3 \times P_{\max} \\
 &= 3 \times 127,02 \text{ ton} \\
 &= 381,02 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak } P = 0,6 \text{ m}$$

Beban merata

$$\begin{aligned}
 q_d &= B_j \text{ beton} \times t_{\text{poer}} \times L \\
 &= 2,4 \text{ t/m}^3 \times 1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \\
 &= 3,456 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d \\
 &= 1,2 \times 3,456 \text{ t/m} \\
 &= 4,147 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

$$L q_u = 1,2 \text{ m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 M_u &= P \times \text{jarak} - \frac{1}{2} \times q_u \times L q_u^2 \\
 &= 381,02 \text{ ton} \times 0,6 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 4,147 \text{ t/m} \times (1,2 \text{ m})^2 \\
 &= 225,63 \text{ ton.m} = 2213398795 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$d_x = 1115,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1086,5 \text{ mm}$$

Perhitungan kebutuhan tulangan

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2213398795 \text{ Nmm}}{0,8} = 2766748494 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{410 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 16,08$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410 \text{ MPa}} = 0,0034$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2766748494 \text{ Nmm}}{3600 \text{ mm} \times (1115,5 \text{ mm})^2} = 0,62$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}}\right) = \frac{1}{16,08} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,08 \times 0,62}{410}}\right) = 0,0015$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0034$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0034 \times 1000 \text{ mm} \times 1115,5 \text{ mm} = 3809,02 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter 29 mm,  $A_s$  pakai = 660,52 mm<sup>2</sup>. Maka jumlah tulangan yang dibutuhkan :

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pakai}}} = \frac{3809,02 \text{ mm}^2}{660,52 \text{ mm}^2} = 5,8 \text{ dipasang 6 buah tulangan per meter.}$$

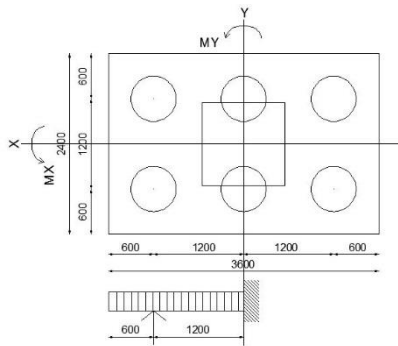
Jarak antar tulangan

$$S = \frac{b}{n} = \frac{1000 \text{ mm}}{6} = 166,67 \text{ mm}$$

dipasang  $S = 150 \text{ mm}$

Sehingga, tulangan tarik arah X dipasang tulangan D29-150

## 2. Penulangan arah Y



Gambar 7. 5 Pembebanan Poer Kolom Tipe 1 (Arah Sumbu Y)

$$P_{\max} = 127,02 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} P_{1 \text{ sisi}} &= 2 \times P_{\max} \\ &= 2 \times 127,02 \text{ ton} \\ &= 254,01 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak } P_1 = 1,2 \text{ m}$$

Beban merata

$$\begin{aligned} q_d &= B_j \text{ beton} \times t_{\text{poer}} \times L \\ &= 2,4 \text{ t/m}^3 \times 1,2 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \\ &= 5,184 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d \\ &= 1,2 \times 5,184 \text{ t/m} \\ &= 6,22 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$L q_u = 1,8 \text{ m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_u &= P \times \text{jarak}_1 - \frac{1}{2} \times q_u \times Lq_u^2 \\ &= 127,02 \text{ ton} \times 1,2 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 6,22 \text{ t/m} \times (1,8 \text{ m})^2 \\ &= 294,74 \text{ ton.m} \\ &= 2891392867 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1115,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1086,5 \text{ mm}$$

Perhitungan kebutuhan tulangan

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{2891392867 \text{ Nmm}}{0,8} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 f'_c} \\ &= \frac{410 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 16,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{410 \text{ MPa}} \\ &= 0,0034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= 1,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,08} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,08 \times 1,28}{410}} \right) \\ &= 0,0034 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0034$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0034 \times 1000 \text{ mm} \times 1086,5 \text{ mm} = 3809,02$$

Digunakan tulangan diameter 29 mm,  $A_s$  pakai = 660,52 mm<sup>2</sup>. Maka jumlah tulangan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pakai}} \\
 &= \frac{3809,02 \text{ mm}^2}{660,52 \text{ mm}^2} \\
 &= 5,77
 \end{aligned}$$

dipasang 6 buah tulangan per meter.

Jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b}{n} \\
 &= \frac{1000 \text{ mm}}{6} \\
 &= 166,67 \text{ dipasang } S = 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga, tulangan tarik arah Y dipasang tulangan D29-150

#### 7.4.8 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya-gaya dalam kolom diperoleh dari hasil analisa menggunakan program bantu *SAP 2000 v14* :

$$M_{ux} = 678,89 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 837,62 \text{ kg.m}$$

$$P_u = 8183,53 \text{ kg}$$

$$V_u = 184,82 \text{ kg}$$

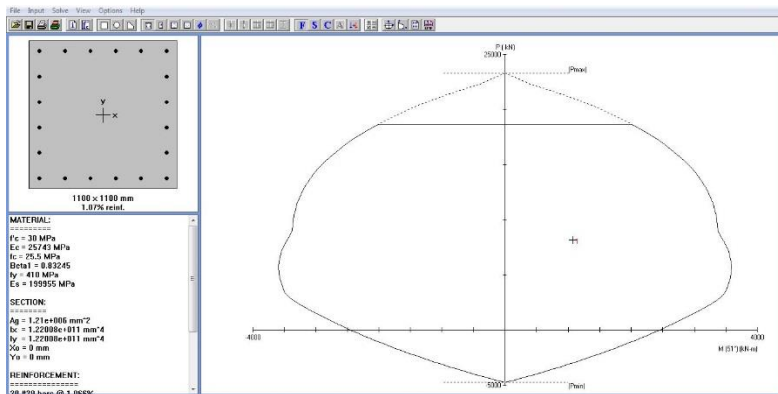
Data perencanaan kolom pedestal :

- $b = 1100 \text{ mm}$
- $h = 1100 \text{ mm}$
- $A_g = 1210000 \text{ mm}^2$
- Mutu bahan :
  - $f'_c = 30 \text{ MPa}$
  - $f_y = 410 \text{ MPa}$
- Selimut beton = 50 mm
- Tulangan sengkang = D13
- Tulangan utama = D29,  $A_s = 660,52 \text{ mm}^2$



$$\begin{aligned}
 - \text{Tinggi efektif, } d &= h - \text{selimut beton} - D_{\text{sengkan}} - \frac{1}{2} D_{\text{utama}} \\
 &= 1100 - 50 - 13 - \frac{1}{2} \times 29 \\
 &= 1022,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penulangan kolom pedestal dengan cara memasukkan hasil output SAP yang telah diperoleh ke dalam program bantu PCACOL. Dari PCACOL diperoleh nilai  $\rho = 1,07\%$



Gambar 7. 6 Hasil Analisis Kolom Pedestal-PCA Col

### 1. Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal

$$\begin{aligned}
 0,01 A_g &= 0,01 \times 1210000 \text{ mm}^2 \\
 &= 12100 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan 20D29, dengan  $A_{st}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= n_{\text{tulangan}} \times A_{st} \\
 &= 20 \times 660,52 \text{ mm}^2 \\
 &= 13203,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,06 A_g &= 0,06 \times 1210000 \text{ mm}^2 \\
 &= 72600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 0,01 A_g &\leq A_s \leq 0,06 A_g \\
 12100 \text{ mm}^2 &\leq 13203,7 \text{ mm}^2 \leq 72600 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## 2. Kontrol Kapasitas Beban Aksial

$$\phi P_n = 0,8 \times \phi \times (0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st})$$

Diketahui :

$$P_u = 8183,53 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,65$$

$$A_g = 1210000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 13203,7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,8 \times 0,65 \times (0,85 \times 30 \times (1210000 - 13203,7) \\ &\quad + 410 \times 13203,7) \\ &= 21283035,9 \text{ N} \\ &= 21283,0359 \text{ kN} \end{aligned}$$

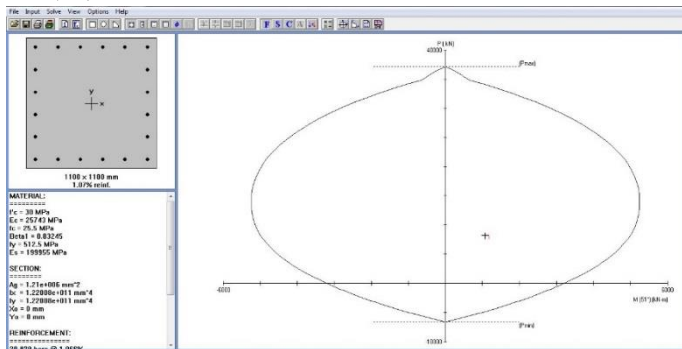
$$\begin{array}{lll} \text{Syarat :} & P_u & \leq \phi P_n \\ & 8183,53 \text{ kN} & < 21283,04 \text{ kN} \rightarrow (\text{OK}) \end{array}$$

## 3. Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

$$\begin{aligned} F_s &= 1,25 \times f_y \\ &= 1,25 \times 410 \text{ MPa} \\ &= 512,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_n &= \text{Panjang kolom pedestal} \\ &= 1600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan mengganti nilai  $f_y$  dengan nilai  $f_s$ , dan mengganti nilai  $\phi = 1$ , maka pada program bantu PCACOL diperoleh nilai  $M_{pr} = 3881 \text{ kNm}$ .



Gambar 7. 7 Hasil Analisis  $M_{pr}$  Kolom Pedestal Dengan Program PCA Col

$$M_{pr} = 3881 \text{ kNm}$$

$$= 3881000 \text{ kNmm}$$

$$V_{ex} = \frac{M_{pr}}{L_n}$$

$$= \frac{2 \times 3881000 \text{ kNmm}}{1600 \text{ mm}}$$

$$= 4851,25 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat : } V_u \leq V_{ex}$$

$$184,82 \text{ kN} < 4851,25 \text{ kN} \rightarrow (\text{OK})$$

Penulangan geser kolom pedestal

$$V_u = 18839,46 \text{ kg}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$= \left(1 + \frac{8183534 \text{ N}}{14 \times 1210000}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1100 \times 1035,5$$

$$= 1542125 \text{ N}$$

$$= 157199,3 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 157199,3 \text{ kg}$$

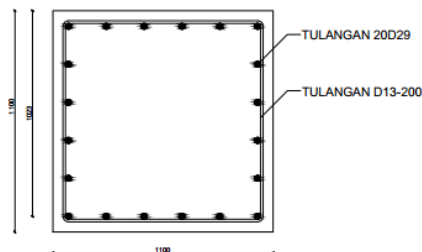
$$= 58949,72 \text{ kg}$$

Kontrol geser :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$18839,46 \text{ kg} < 58949,72 \text{ kg} (\text{OK})$$

Dikarenakan  $V_u < \phi V_c$  maka tidak perlu tulangan geser, sehingga dipasang tulangan geser praktis D13-200, sengkang 2 kaki.



Gambar 7. 8 Penulangan Kolom Pedestal

### 7.4.9 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersama pada pondasi atau sebagai pangaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan pondasi yang lain. Adapun beban-beban yang dipikul oleh sloof meliputi berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

- Dimensi sloof = 450 x 600
- $A_g$  = 270000 mm<sup>2</sup>
- Mutu bahan,  $f'_c$  = 30 MPa  
 $f_y$  = 410 MPa
- Selimut beton = 50 mm
- Tulangan sengkang = D13
- Tulangan utama = D22
- Tinggi efektif,  $d$  =  $h - \text{selimut beton} - D_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} D_{\text{utama}}$   
= 600 – 50 – 13 –  $\frac{1}{2} \times 22$   
= 526 mm
- Pu akibat kolom = 10% x 8183,53 kN  
= 818,35 kN

$$\begin{aligned} \text{Tegangan ijin tarik beton, } f_{\text{ijin}} &= 0,7 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 0,7 \times \sqrt{30} \text{ MPa} \\ &= 3,83 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik yang terjadi, } f_r &= \frac{P_u}{\phi b h} \\ &= \frac{818,35 \times 1000 \text{ N}}{0,8 \times 450 \times 600} \\ &= 3,79 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} f_{\text{terjadi}} &\leq f_{\text{ijin}} \\ 3,79 \text{ Mpa} &< 3,83 \text{ MPa (OK)} \end{aligned}$$

Perhitungan berat sendiri sloof :

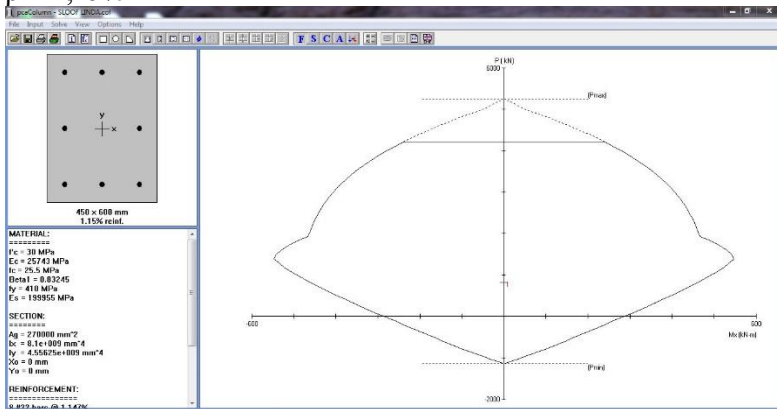
$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= b \times h \times B_j \text{ beton} \\ &= 0,45 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 648 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang sloof} = 7 \text{ m}$$

$$q_u = 1,2 \text{ q}_d = 1,2 \times 648 \text{ kg/m} = 777,6 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\
 &= 1/12 \times 777,6 \text{ kg/m} \times (7 \text{ m})^2 \\
 &= 3175,2 \text{ kg.m} \\
 &= 31,75 \text{ kN.m} \\
 P_{u \text{ sloof}} &= 818353,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan utama 8D22 dan tulangan sengkang D13, maka pada program bantu PCACOL diperoleh nilai  $\rho = 1,15\%$



Gambar 7. 9 Hasil Analisis Sloof Dengan Program PCA Col

- Periksa lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Lebar minimum yang diperlukan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 2 \times \text{selimut beton} &= 2 \times 50 \text{ mm} = 100 \text{ mm} \\
 2 \times \varnothing_{\text{sengkang}} &= 2 \times 13 \text{ mm} = 26 \text{ mm} \\
 n \times D_{\text{utama}} &= 3 \times 22 \text{ mm} = 66 \text{ mm} \\
 n-1 \times \text{jarak minimum} &= \underline{2 \times 25 \text{ mm}} = \underline{50 \text{ mm}} + \\
 \text{Lebar minimum} &= \underline{242 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Lebar minimum < lebar balok = 450 mm sehingga cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

Penulangan geser sloof

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 777,6 \text{ kg/m} \times 7 \text{ m} \\
 &= 2721,6 \text{ kg} \\
 &= 26698,90 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= \left(1 + \frac{818353,4 \text{ N}}{14 \times 270000}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 450 \times 526 \\
 &= 268113,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 268113,3 \text{ N} = 201085 \text{ N}$$

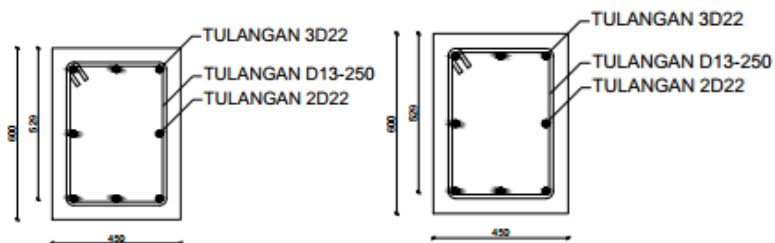
Kontrol geser :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 26698,90 \text{ N} &< 201085 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan  $V_u < \phi V_c$  maka tidak perlu tulangan geser, sehingga dipasang tulangan geser praktis. Berdasarkan *Pasal 21.12.3 SNI 2847:2012* jarak antar tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini :

$$300 \text{ mm atau } \frac{d}{2} = \frac{526 \text{ mm}}{2} = 263 \text{ mm}$$

sehingga dipasang tulangan geser praktis D13-250, sengkang 2 kaki.



Gambar 7. 10 Penulangan Sloof

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## BAB VIII KESIMPULAN

### 8.1 Kesimpulan Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :
  - a. Plat lantai menggunakan bondek *SUPER FLOOR DECK*  $t = 0,75$  mm, dengan tebal plat beton :
    - Lantai Atap  $t = 90$  mm
    - Lantai  $t = 90$  mm
  - b. Balok Anak :
    - Lantai Atap WF  $300 \times 200 \times 8 \times 12$
    - Lantai WF  $350 \times 250 \times 8 \times 12$
  - c. Balok Tangga :
    - Balok Utama Tangga  $300 \times 150 \times 5,5 \times 8$
    - Balok Penumpu Bordes  $300 \times 150 \times 5,5 \times 8$
  - d. Balok *lift* :
    - Penggantung WF  $450 \times 200 \times 9 \times 14$
    - Pembagi WF  $100 \times 50 \times 5 \times 7$
2. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :
  - a. Balok Induk :
    - Arah X WF  $600 \times 300 \times 12 \times 17$
    - Arah Y WF  $600 \times 300 \times 12 \times 17$
  - b. Balok Luar *Link* :
    - Arah X 100 cm WF  $500 \times 300 \times 11 \times 18$
    - Arah Y 100 cm WF  $600 \times 300 \times 12 \times 20$
  - c. Kolom :
    - Lantai 1 - 6 Komposit CFT  $700 \times 700 \times 25 \times 25$
    - Lantai 7 - 12 Komposit CFT  $600 \times 600 \times 25 \times 25$
3. Dari hasil perhitungan struktur bresing & *link* didapatkan :
  - a. *Link* :
    - Arah X 100 cm WF  $500 \times 300 \times 11 \times 18$



- Arah Y 100 cm WF 600 x 300 12 x 20
- b. Bresing :
  - Arah X WF 300 x 300 x 10 x 15
  - Arah Y WF 300 x 300 x 10 x 15
  -
- 4. Permodelan analisis struktur menggunakan porogram bantu *SAP 2000v14*, dengan 4 kontrol desain yaitu:
  - a. Kontrol partisipasi massa.
  - b. Kontrol periode getar struktur.
  - c. Kontrol nilai akhir respon spektrum.
  - d. Kontrol batas simpangan (*drift*).
- 5. Perencanaan sambungan di desain menggunakan kombinasi beban *ultimate* yang didapat dari output SAP. Dalam perencanaan ini, sambungan yang digunakan adalah sambungan las & baut.
- 6. Pondasi struktur menggunakan Tiang pancang dengan  $D = 60$  cm dengan kedalaman 36 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*). Hasil dari perencanaan struktur dapat dilihat pada lampiran gambar berupa gambar teknik.

## 8.2 Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur bresing eksentrik lebih lanjut dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of *Steel* Construction. (2010), *Seismic Provision for Structural Steel Buildings*. AISC, Inc.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)*. Bandung : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 1729:2015)*. Bandung : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. (SNI 1729:2013)*. Bandung : BSN
- Becker, Roy & Michael Ishler. (1996). *Seismic Design Practice For Eccentrically Braced Frames*. California : Steel Tips Publication.
- Engelhardt, Michael D., (2007). *Design Of Seismic Resistant Steel Building Structures*. USA :University of Texas
- Engelhardt, Michael D., & Popov, Egor P. (1989). *Behavior of Long Links in Eccentrically Braced Frames*. Earthquake Engineering Research Center UBC/EERC-89/01, College of Engineering University of California at Berkeley.
- Engelhardt, Michael D., & Popov, Egor P. (1992). *Experimental Performance of Long Link in Eccentrically Braced Frames*. Journal of Structural Engineering. Vol. 118, No. 11.

- Egor P. Popov, Kazuhiko Kasai, & Michael D.Engelhardt. (1986). *Advances In Design of Eccentrically Braced Frames*. Structural Steel Conference, Auckland
- Kuranovas, Artiomas & Kazimieras Kvedaras, Audronis., (2007). *Behaviour of Hollow Concrete-Filled Steel Tubular Composite Elements*. Journal of Civil Engineering and Management
- Morino, Shosuke & Tsuda, Keiko. (2003). *Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan*. *Earthquake Emgineering and Engineering Seismology*
- Moestopo, M., & Yudi, H., (2006), *Kajian Kinerja Link Yang Dapat Diganti Pada Struktur Rangka Baja Berpengaku Eksentrik Tipe Split-K*. Seminar dan Pameran HAKI.
- Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 1729:2002)*. Jakarta : Erlangga.
- Suwignya, (2010), *Modifikasi Perencanaan Struktur Apartement Puncak Dharmahusada Dengan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentris*. ITS
- Untung, Djoko. (2012). *Bahan Ajar Rekayasa Pondasi dan Timbunan*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- Widyastuti, Erna, (2010). *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Asrama Mahasiswa Universitas Gadjah Mada (Ugm) Di Sendowo, Sleman, Yogyakarta Dengan Menggunakan Hexagonal Castellated Beam*. ITS
- Wiryanto, Dewobroto. (2016). Seri Buku Teknik Sipil *STRUKTUR BAJA Edisi ke-2*

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN**  
**PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR**  
**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS**

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN**  
**SEMINAR DAN LISAN**  
**TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Rabu** tanggal **11 Juli 2018** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

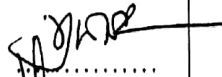

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000015	Linda Kartini Putri	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) Menggunakan Baja Sistem Rangka Bresing Eksentrik

Dengan Hasil :

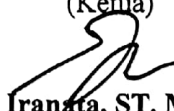
<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- Hn. 155. → cek utk pelaksanaan pengelasan pada sambungannya
- Hn 222 → diperbaiki srt hny dalam group.
- Hn 222 strop dg pile cap.
- Cek paku
- Dapur paku → catokan.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Budi Suswanto, ST. MT. PhD	
Harun Al Rasyid, ST. MT	

Surabaya, 11 Juli 2018  
Dosen Pembimbing I  
(Ketua)

  
**Data Iranata, ST. MT. PhD**

Dosen Pembimbing 2  
(Sekretaris)

Dosen Pembimbing 3  
(Sekretaris)



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: LINDA KARTINI PUTRI
NRP	: 03111645000015 / 3116105015
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK
TANGGAL PROPOSAL	: 25 JANUARI 2018
NO. SP-MMTA	: 020574 / IT2.VI. 4.1 / PP. 05.02.00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	22/3 2018	• Asistensi Gambar	• Kerjakan struktur sekunder, gunakan $b = \frac{1}{2} h$ • Perbaiki letak balok anak • Sesuaikan agar bondek dapat searah.	
2.	27/3 2018	• Asistensi Pelat bondek • Asistensi balok anak	• Balok lift.	
3.	6/4 2018	• Asistensi balok lift	• Perbaiki hitungan balok penumpu, penggantung lift • Struktur tangga.	
4.	27/4 2018	• Asistensi struktur tangga	• Perbaiki hitungan tangga, cek peraturan dan bandingannya • Permodelan struktur.	
5.	10/5 2018	• Asistensi Permodelan struktur	• Struktur Primer.	
6.	31/5 2018	• Asistensi struktur Primer	• Perhitungan Sambungan	



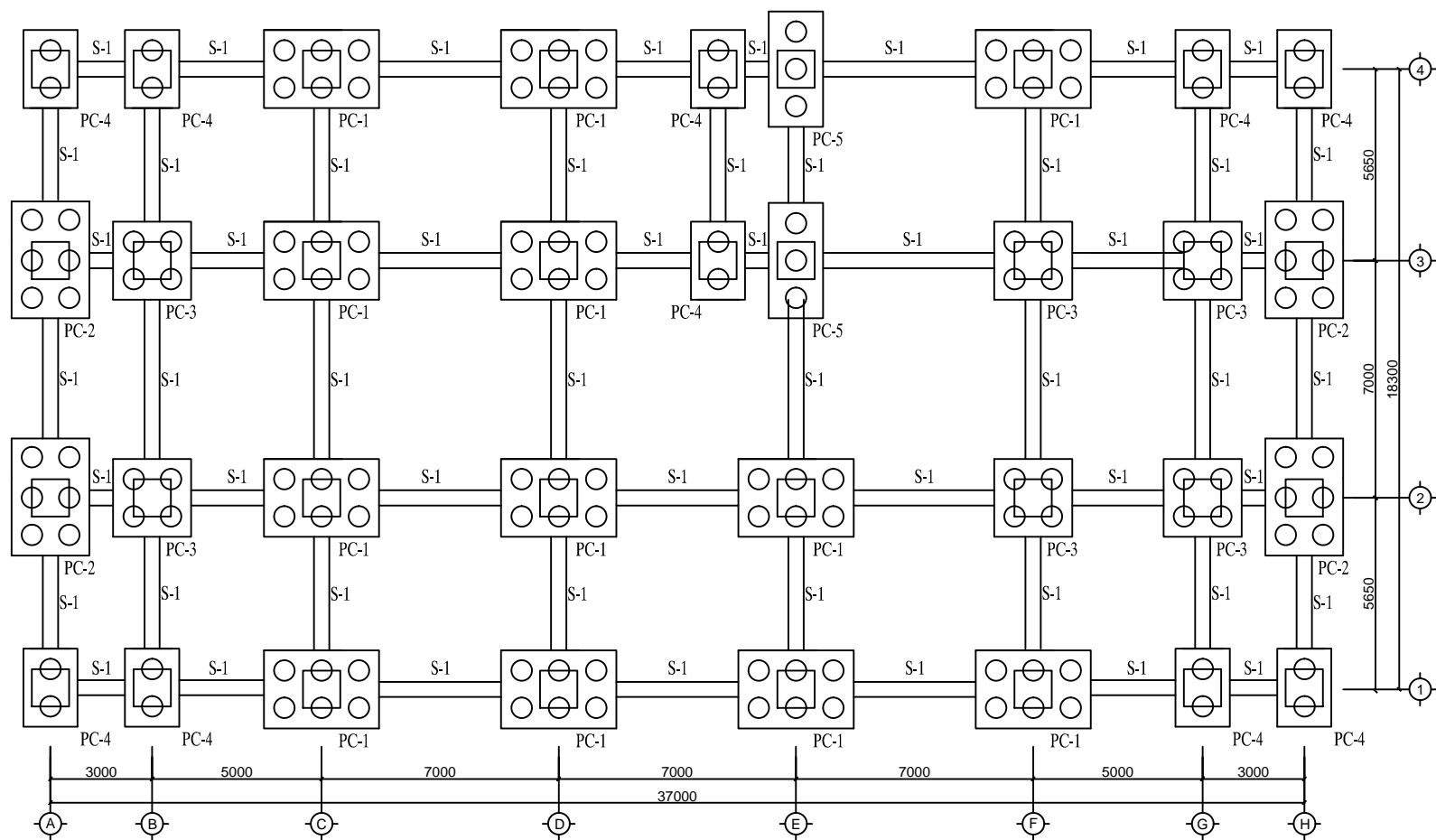
Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284




NAMA PEMBIMBING	: DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: LINDA KARTINI PUTRI
NRP	: 0311645000015 / 3116105015
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNISOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK
TANGGAL PROPOSAL	: 25 JANUARI 2018
NO. SP-MMTA	: 020574 / IT2.VI. 4.1 / PP. 05.02.00 / 2018

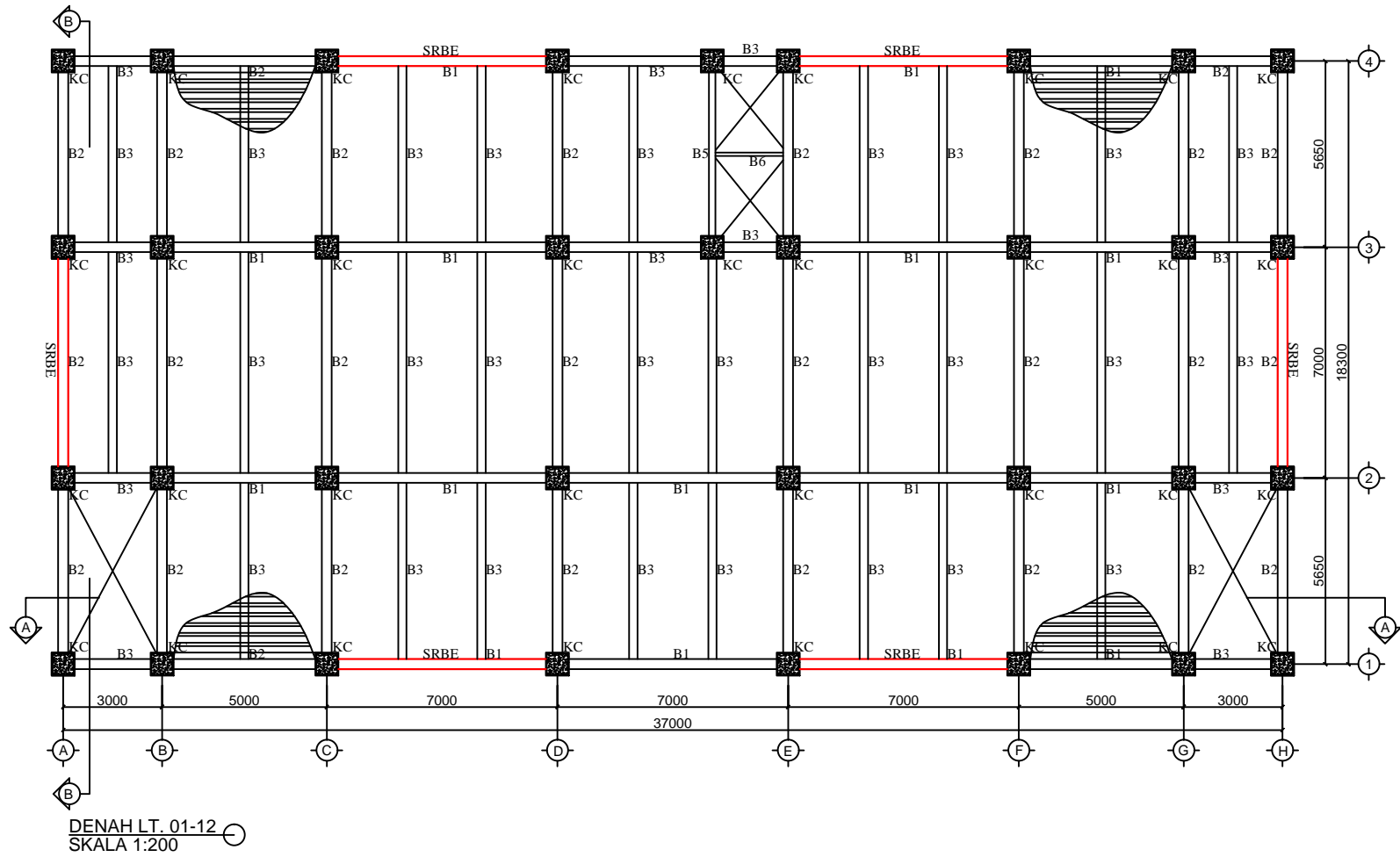
NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7.	7/6 2018	• Asistensi Sambungan	• Perhitungan Pondasi dan gambar	
8.	21/6 2018	• Asistensi Pondasi, dan gambar, sloof, Pedestal	• Perbaiki hitungan kolom pedestal • Tambahkan akibat tarik pada Perhitungan sloof • lengkapi dengan benar ukuran-ukuran pada gambar • lanjutkan siap dikumpul dalam bentuk binder	




**DENAH SLOOF DAN PONDASI**  
SKALA 1:200

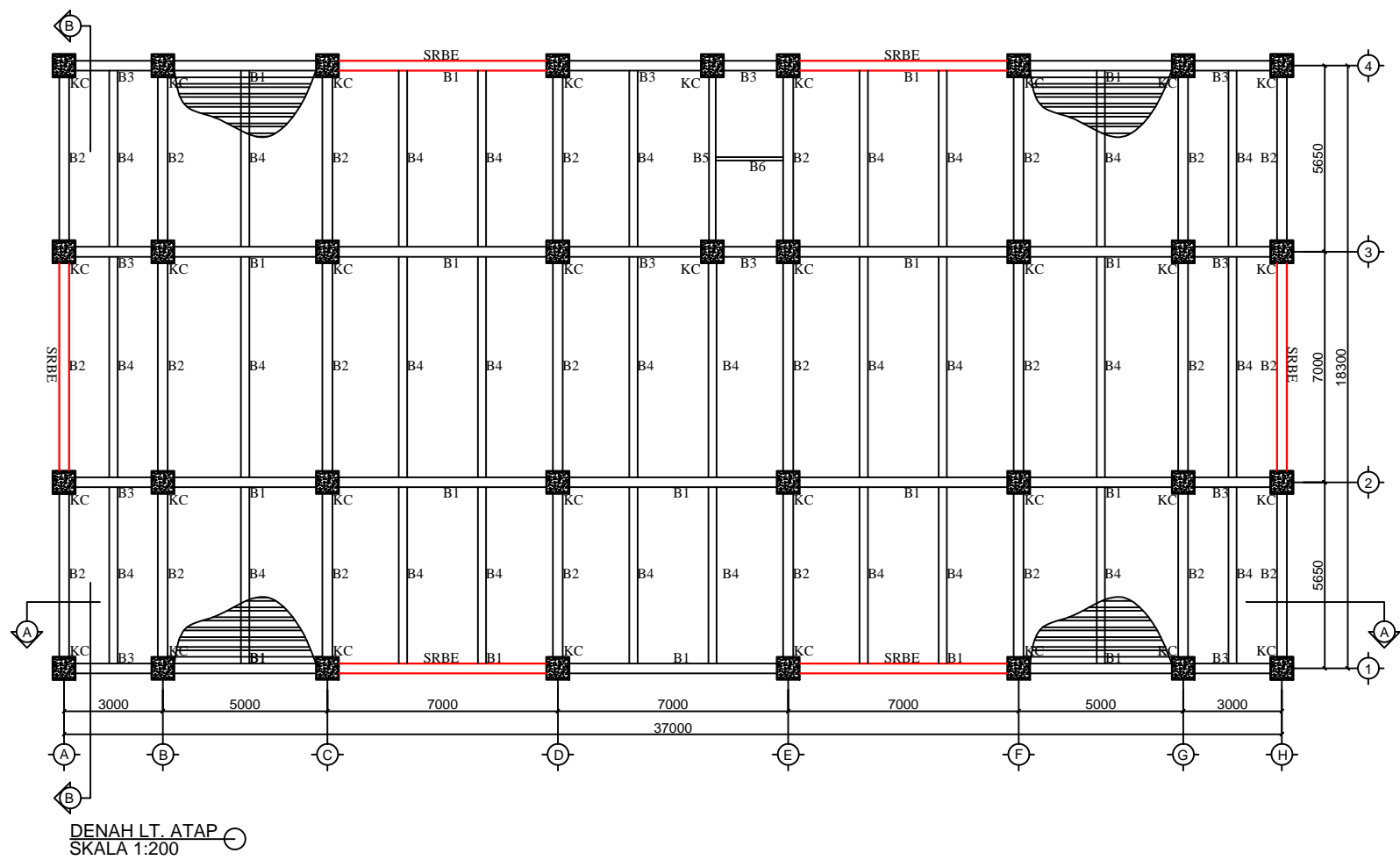
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DENAH SLOOF DAN PONDASI	1:200	STR	01	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002




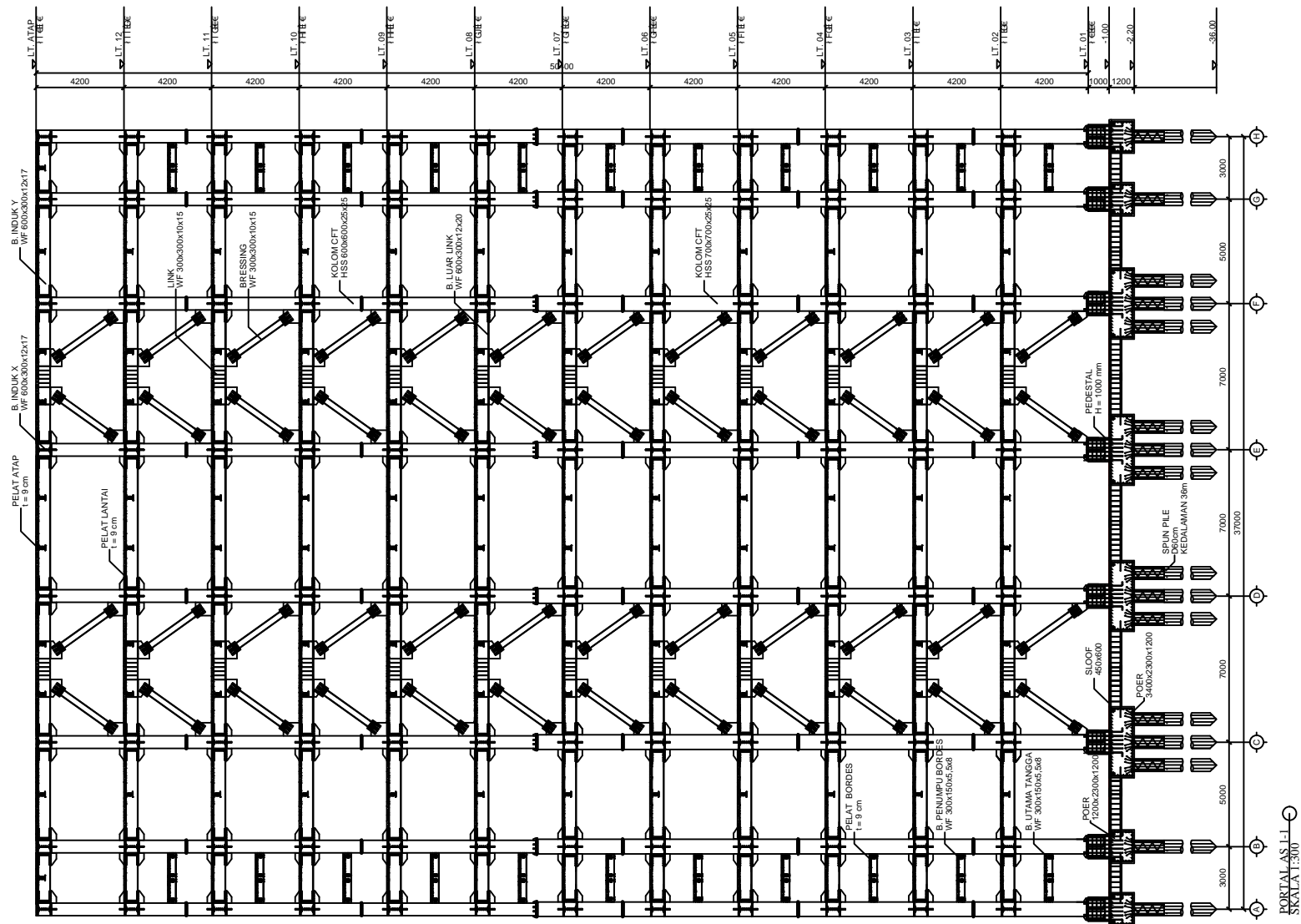



INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DENAH LT.01-12	1:200	STR	02	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002

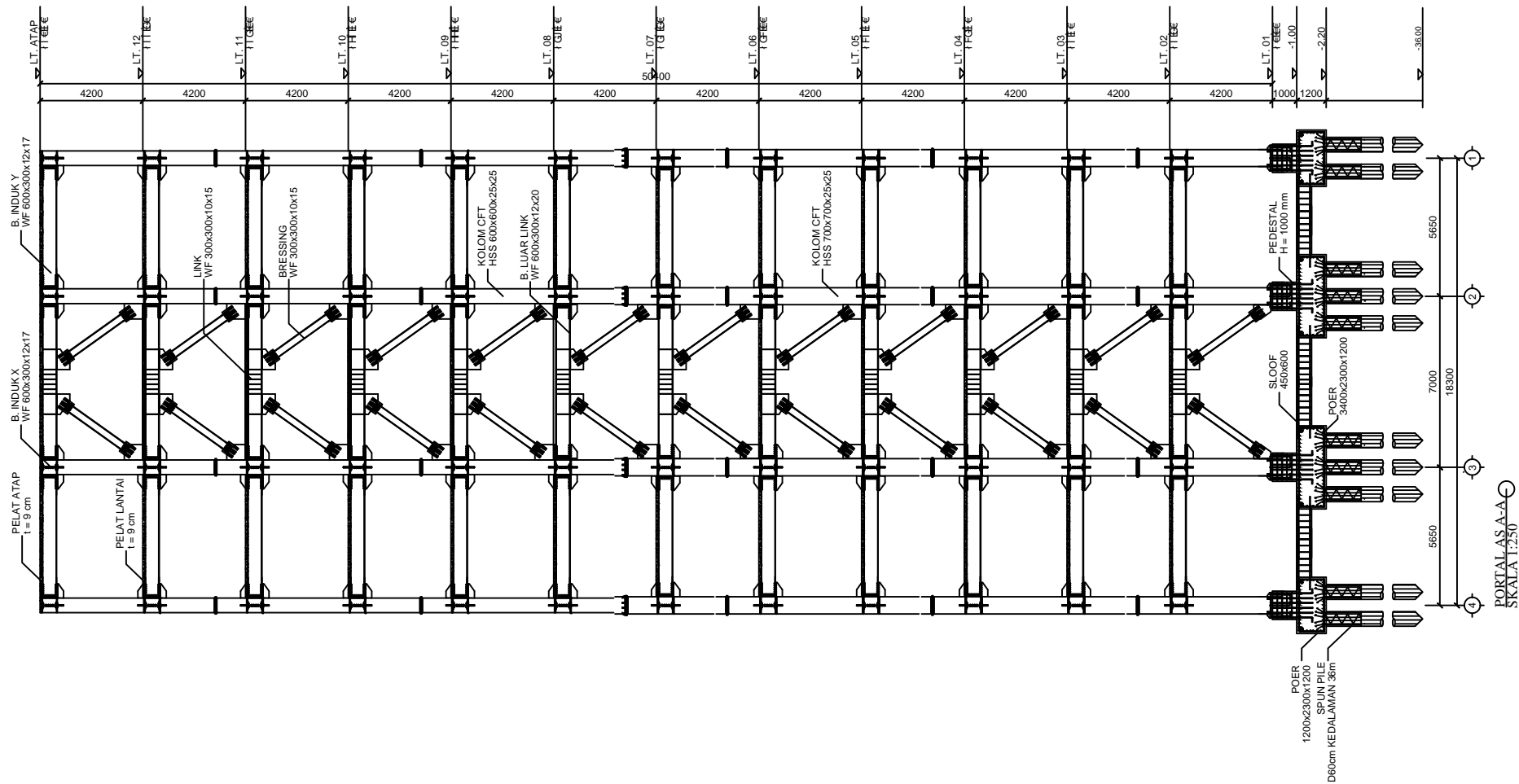





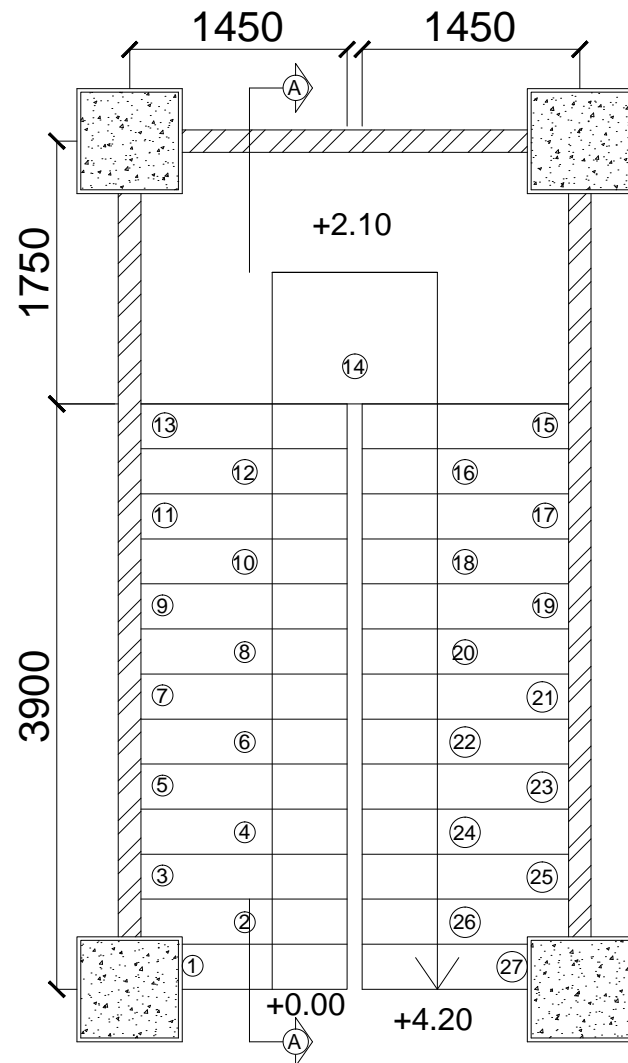
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DENAH LT. ATAP	1:200	STR	03	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002



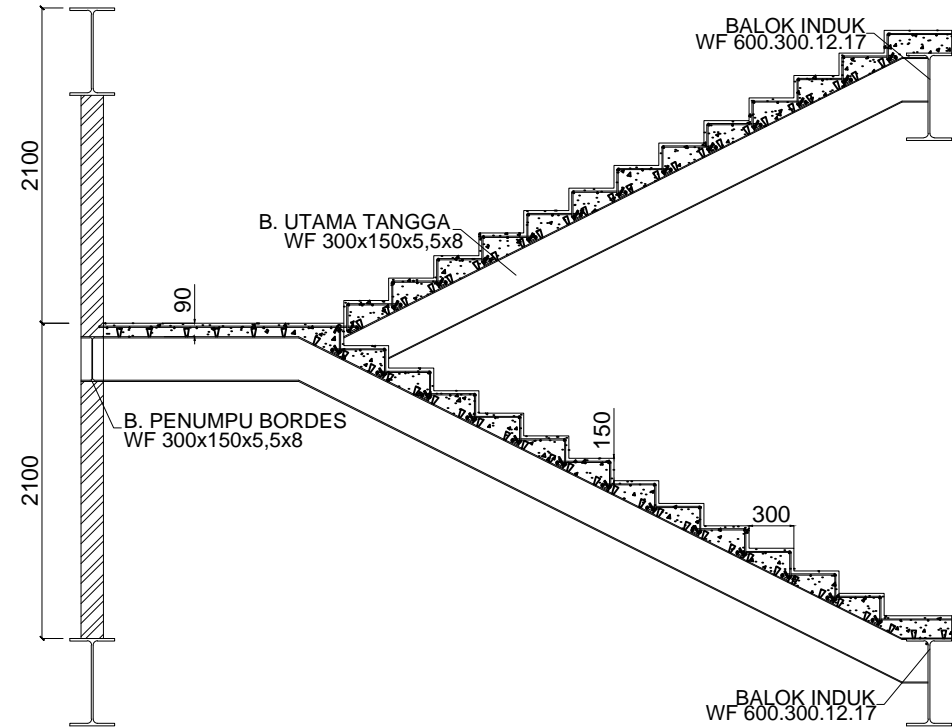
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	PORTAL AS 1-1	1:300	STR	04	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002




INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	PORTAL AS-A-A	1:250	STR	05	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002

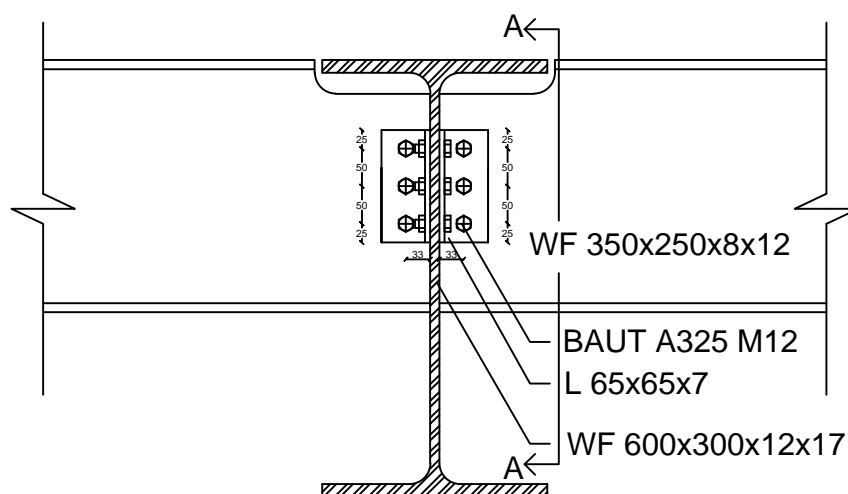
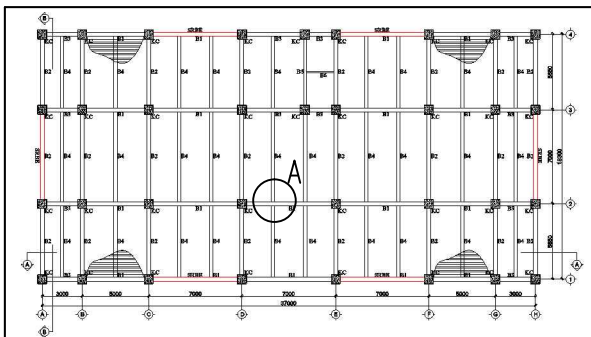


**DENAH TANGGA**  
SKALA 1:50

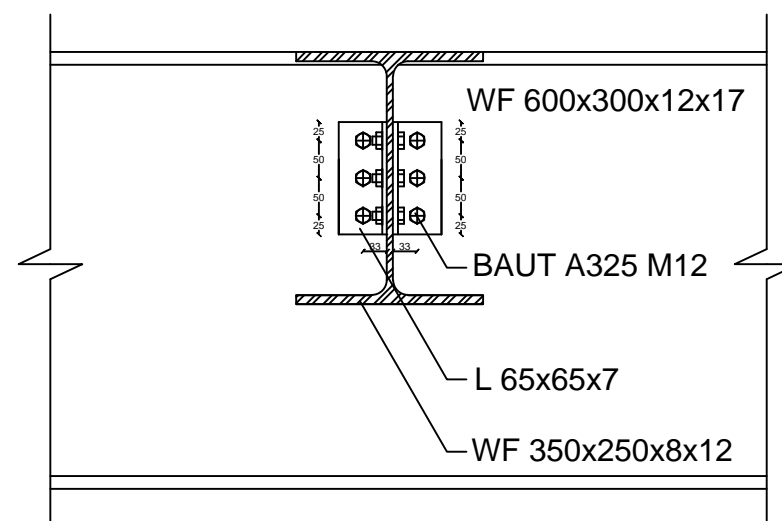


**POT. A-A**  
SKALA 1:50


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DENAH TANGGA POT. A-A	1:50	STR	06	15	<u>LINDA KARTINI PUTRI</u> NRP. 03111645000015	<u>DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 198004302005011002

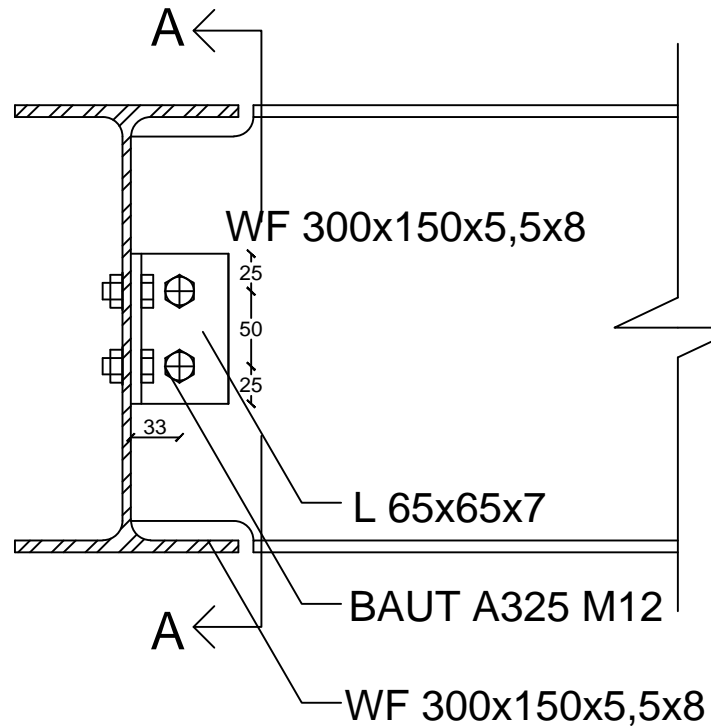
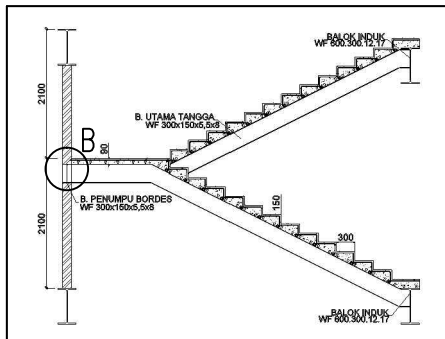


**DETAIL SAMBUNGAN A**  
**SKALA 1:10**

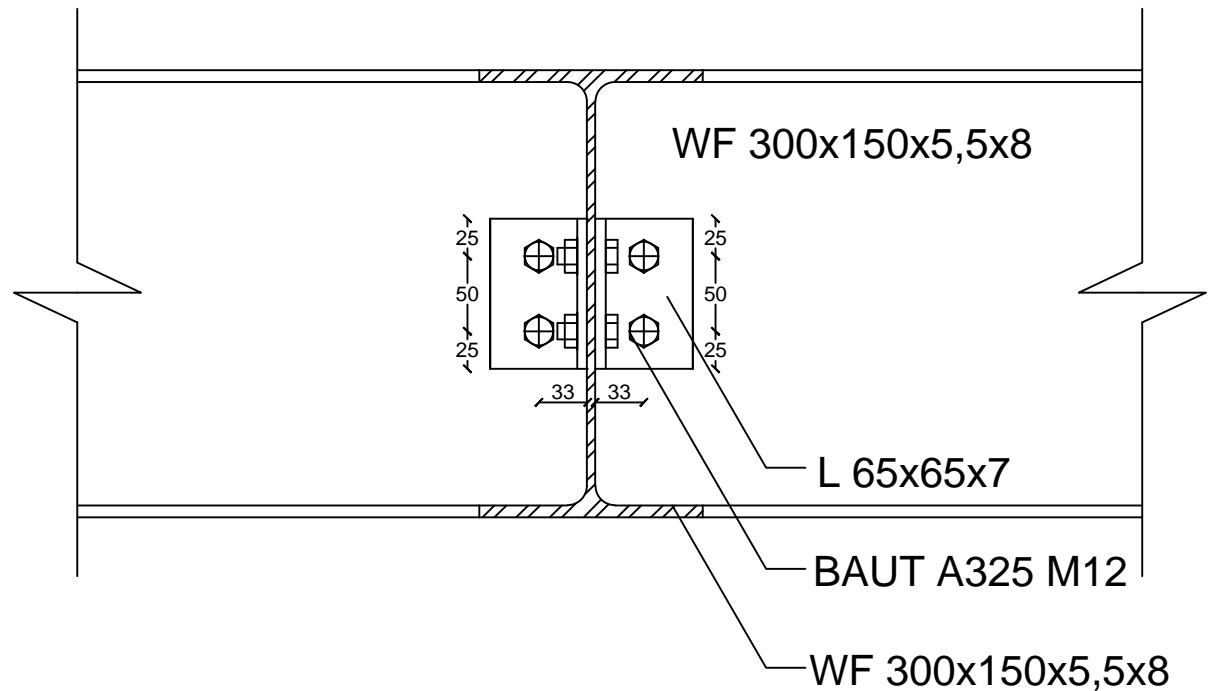


**POTONGAN A - A**  
**SKALA 1:10**


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DETAIL SAMBUNGAN A POTONGAN A-A	1:10	STR	07	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002

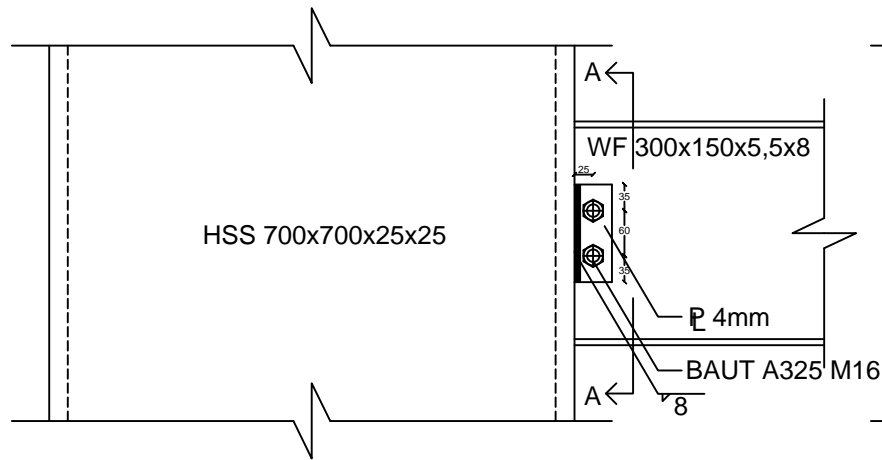
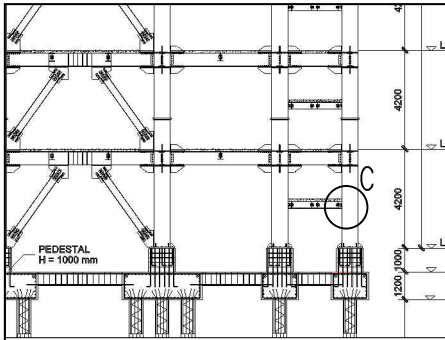


**DETAIL SAMBUNGAN B**  
**SKALA 1:5**

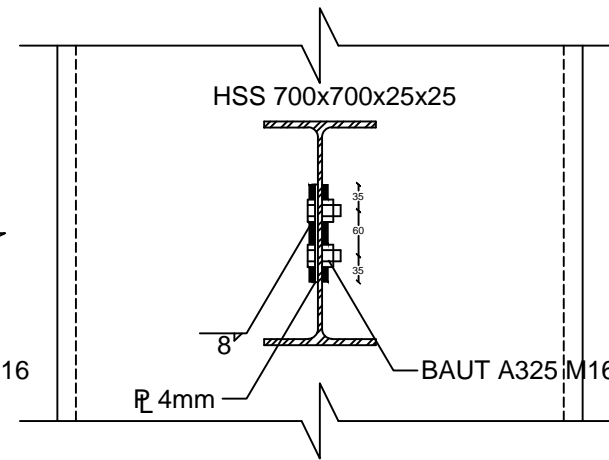


**POTONGAN A-A**  
**SKALA 1:5**


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DETAIL SAMBUNGAN B POTONGAN A-A	1:5	STR	08	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002

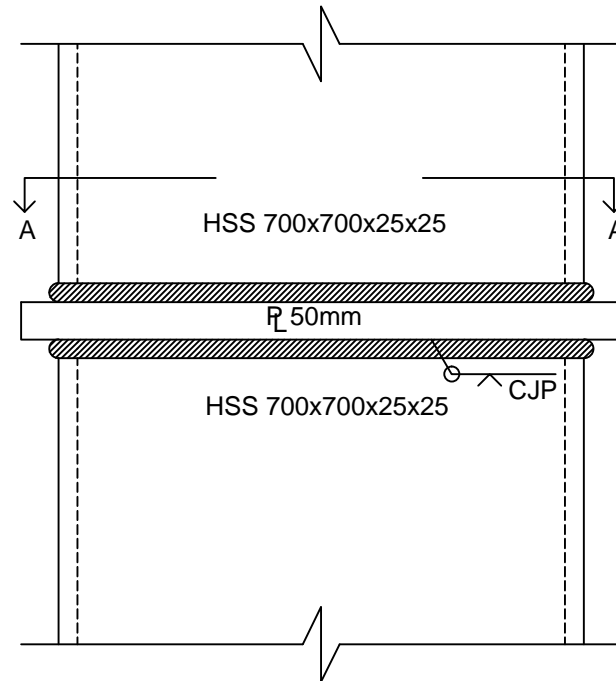
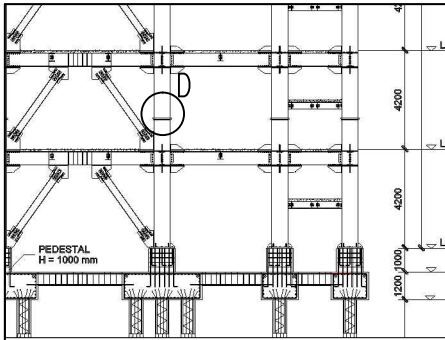


DETAIL SAMBUNGAN C  
SKALA 1:10

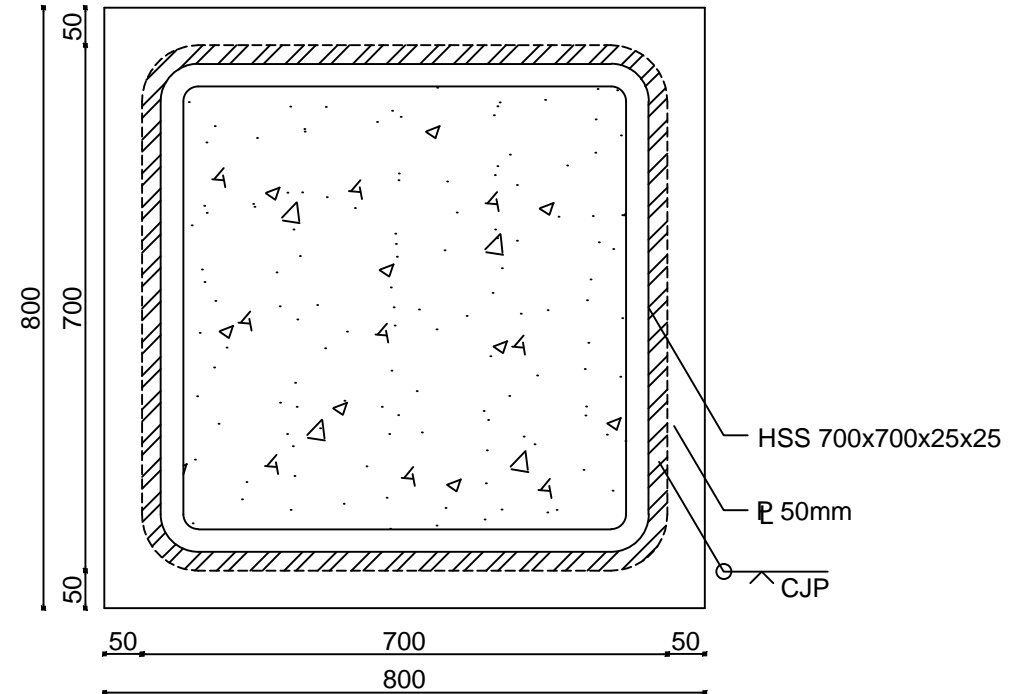


POTONGAN A-A  
SKALA 1:10


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DETAIL SAMBUNGAN C POTONGAN A-A	1:10	STR	09	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002



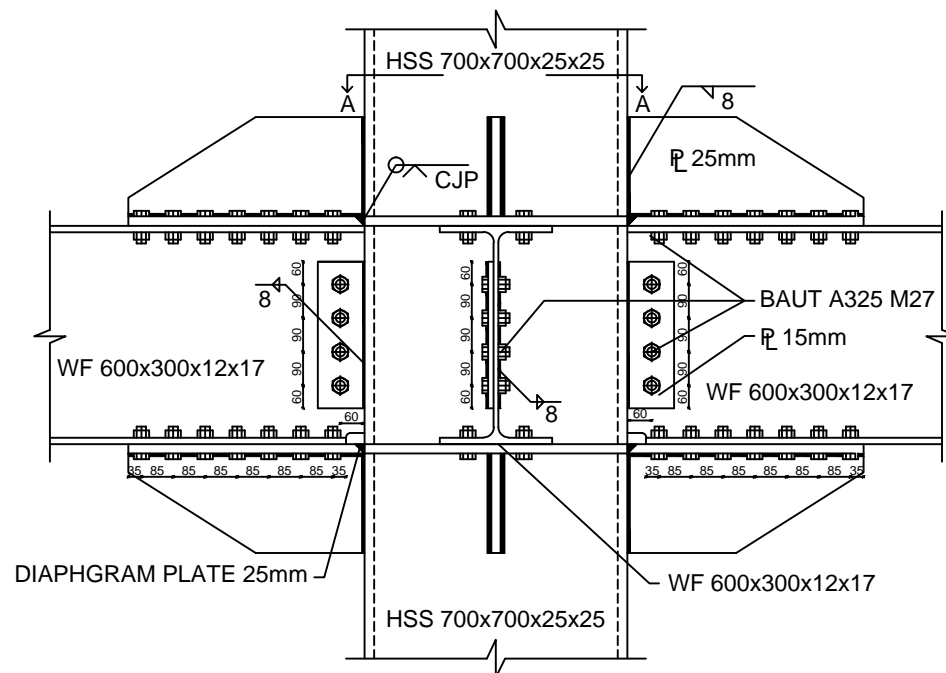
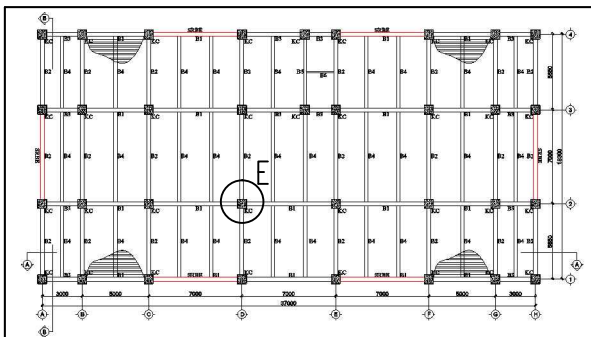
**DETAIL SAMBUNGAN D**  
**SKALA 1:10**



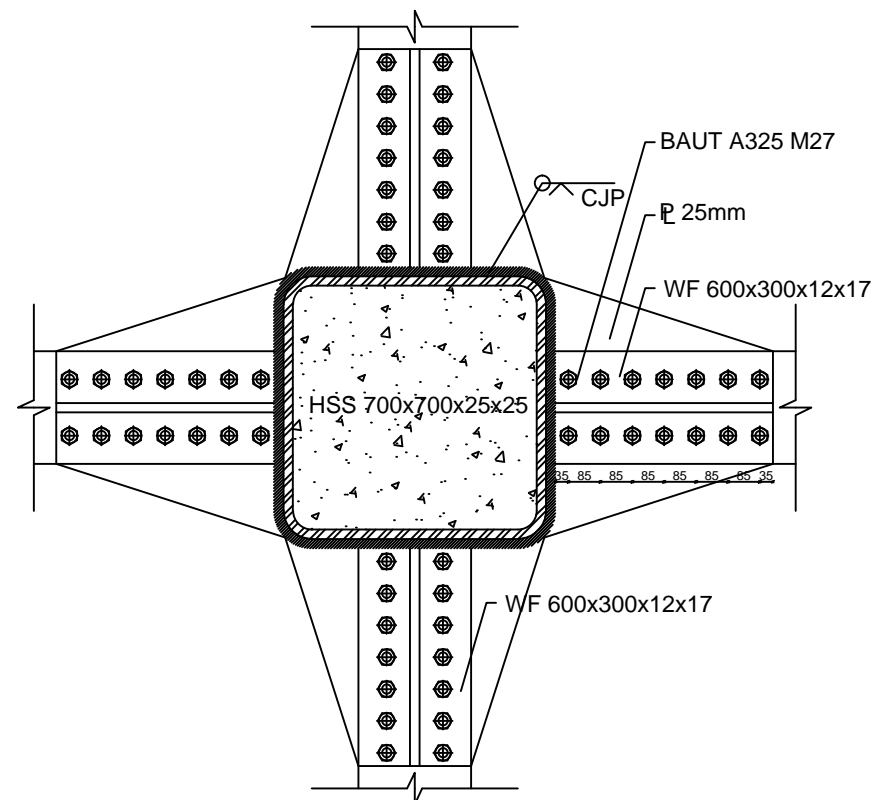
**POTONGAN A-A**  
**SKALA 1:10**

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DETAIL SAMBUNGAN D POTONGAN A-A	1:10	STR	10	15	<u>LINDA KARTINI PUTRI</u> NRP. 03111645000015	<u>DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 198004302005011002




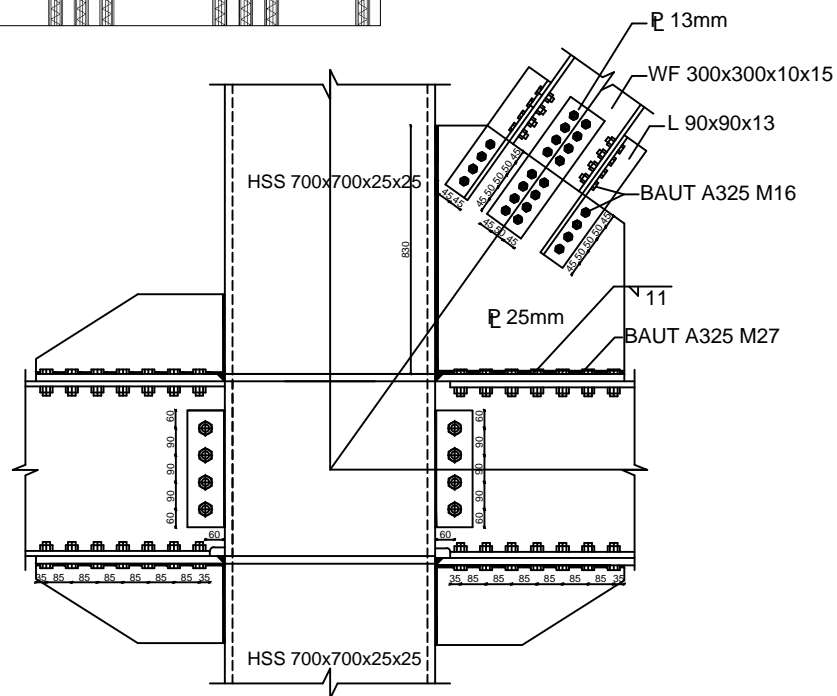
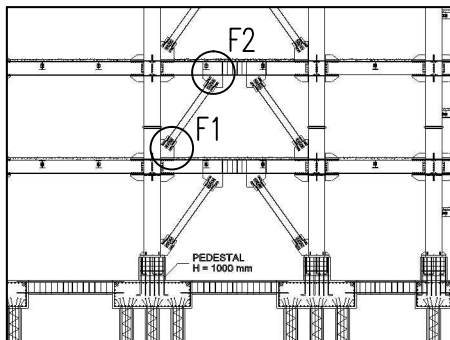


DETAIL SAMBUNGAN E  
SKALA 1:20

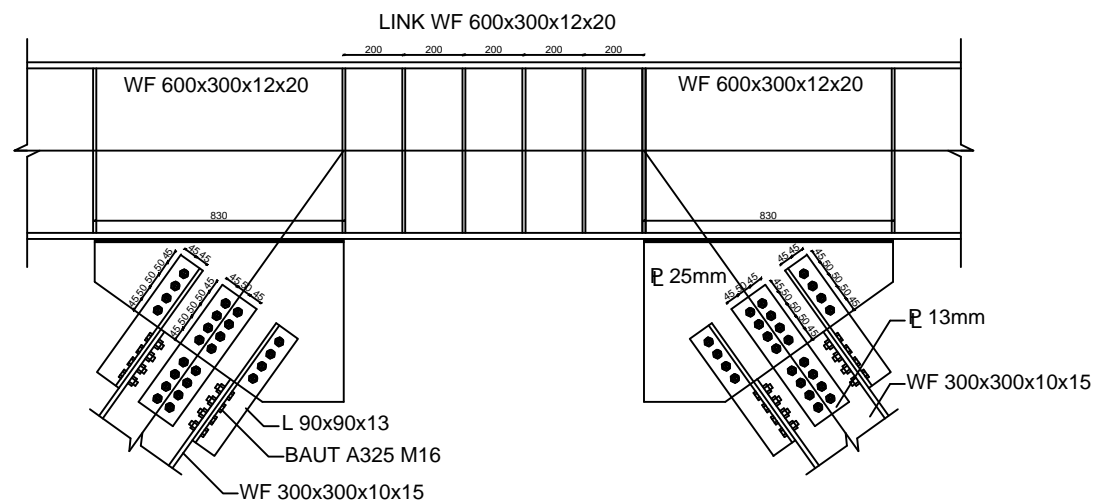


POTONGAN A-A  
SKALA 1:20


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DETAIL SAMBUNGAN E POTONGAN A-A	1:20	STR	11	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002

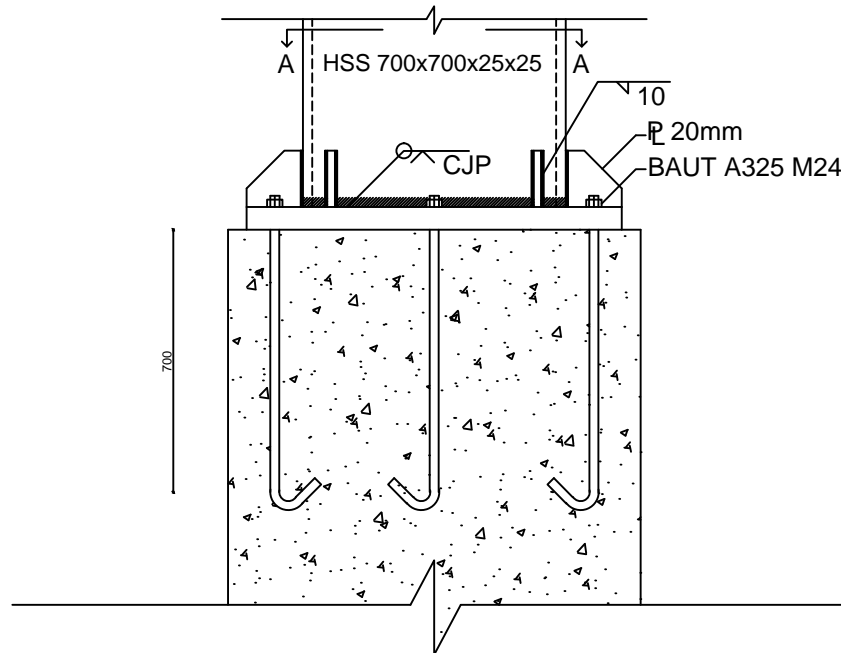
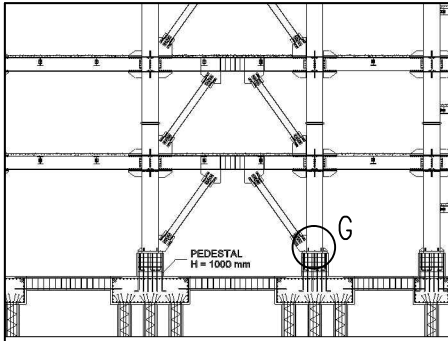


**DETAIL SAMBUNGAN F1**  
SKALA 1:25

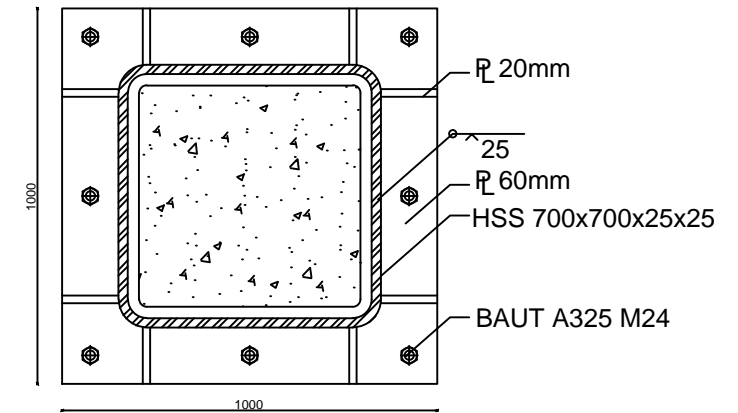


**DETAIL SAMBUNGAN F2**  
SKALA 1:25


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DETAIL SAMBUNGAN F1 DETAIL SAMBUNGAN F2	1:25	STR	12	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002

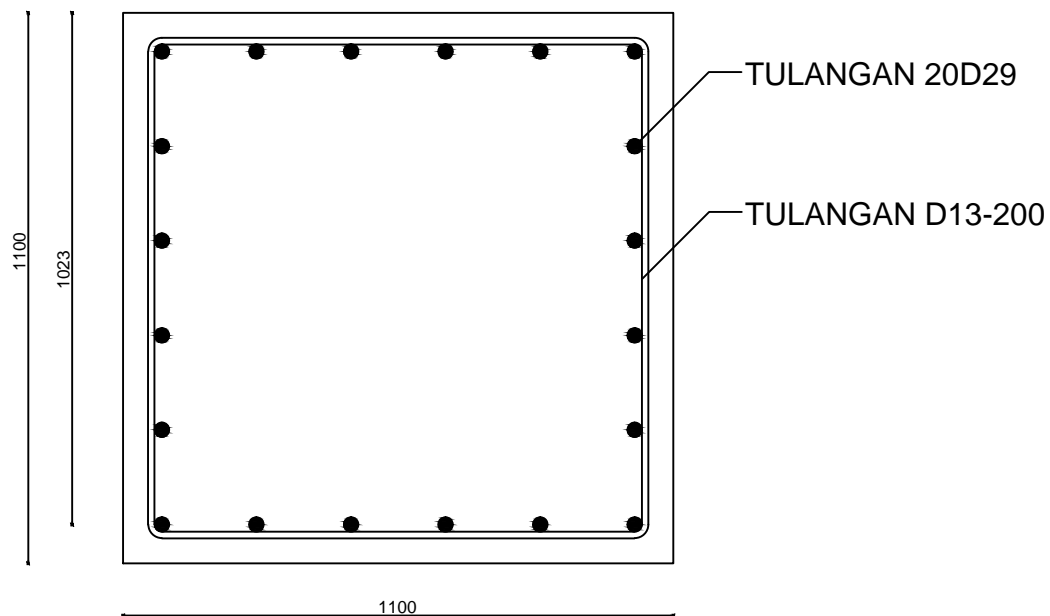


**DETAIL SAMBUNGAN G**  
**SKALA 1:20**

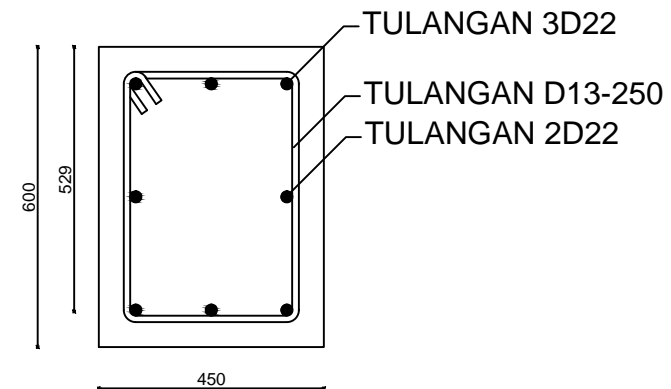


**POTONGAN A-A**  
**SKALA 1:20**

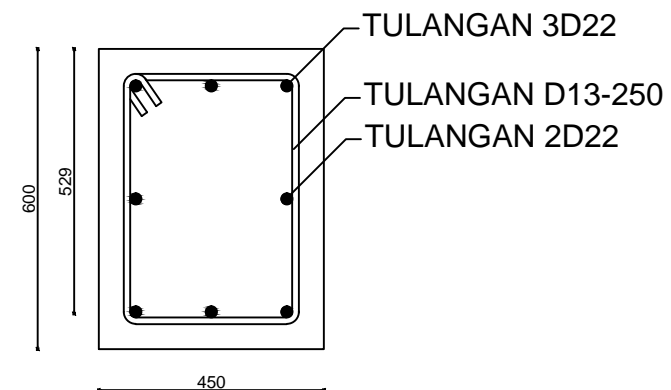
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	DETAIL SAMBUNGAN G POTONGAN A-A	1:20	STR	13	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002




PENULANGAN KOLOM PEDESTAL  
SKALA 1:15

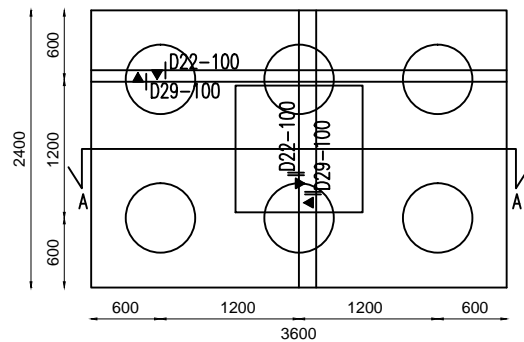


PENULANGAN SLOOF TUMPUAN ⊕  
SKALA 1:15

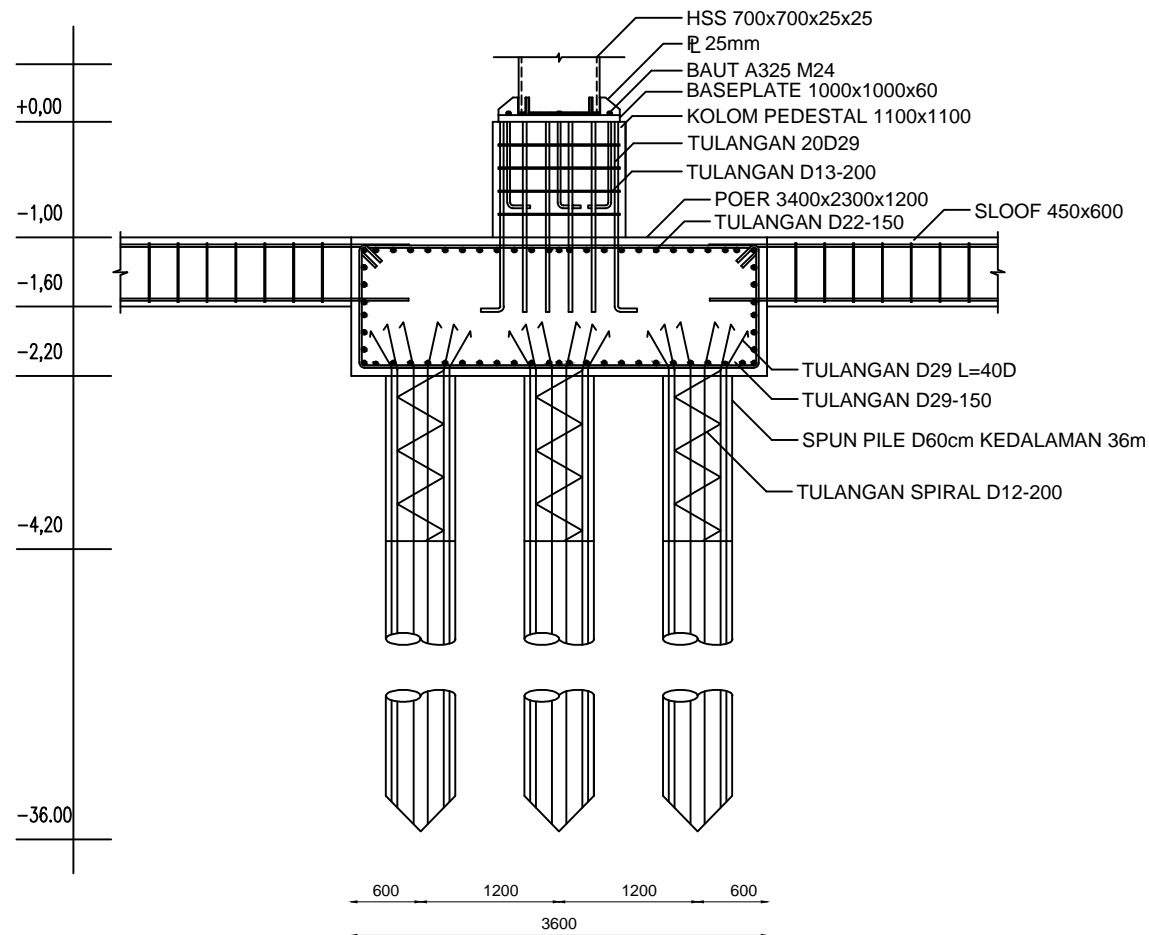


PENULANGAN SLOOF LAPANGAN ⊕  
SKALA 1:15


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	PENULANGAN KOLOM PEDESTAL PENULANGAN SLOOF TUMPUAN PENULANGAN SLOOF LAPANGAN	1:15	STR	14	15	<u>LINDA KARTINI PUTRI</u> NRP. 03111645000015	<u>DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 198004302005011002



PILECAP TYPE 1  
SKALA 1:65



POTONGAN A-A  
SKALA 1:65

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH LEMBAR	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN (UNSOED) MENGGUNAKAN BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK	PILECAP TYPE 1 POTONGAN A-A	1:65	STR	15	15	LINDA KARTINI PUTRI NRP. 03111645000015	DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D NIP. 198004302005011002

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 21 April tahun 1995 dan merupakan anak tunggal. Penulis bernama lengkap Linda Kartini Putri ini telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN I No. 464 Surabaya (2001-2007), SMPN 16 Surabaya (2007-2010), dan SMAN 5 Surabaya (2010-2013), Diploma III Teknik Sipil ITS Surabaya (2013-2016) dan tahun 2016 Penulis melanjutkan Pendidikan Sarjana di Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya dengan NRP. 03111645000015.

Penulis mengambil bidang studi struktur dengan judul tugas akhir “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) Menggunakan Baja Sistem Rangka Bresing Eksentrik

Contact Person :

E-mail : lindakartiniputri1@gmail.com